Ökologische Kriterien zur Abgrenzung von Schadräumen in einem urbanen System
— Dargestellt am Beispiel der Stadt Saarbrücken —

Dissertation
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Philosophie der
philosophischen Fakultät der Universität
des Saarlandes

vorgelegt von
Manfred Thomé
Wiebelskirchen

Saarbrücken

1976

Ökologische Kriterien zur Abgrenzung von Schadräumen in einem urbanen System

- Dargestellt am Beispiel der Stadt Saarbrücken -

Dissertation
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Philosophie der
philosophischen Fakultät der Universität
des Saarlandes

vorgelegt von
Manfred Thomé
Wiebelskirchen

Saarbrücken 1976

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Der Dekan: Prof. Dr. H. Gätje

Berichterstatter: Prof. Dr. P. Müller

Prof. Dr. J. Schmithüsen

Tag der letzten Prüfungsleistung: 22.3.1976

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	3
2. Material und Methoden	8
2.1. Untersuchung von Lepidium-Exponaten	8
2.2. Flechtenuntersuchungen	10
2.2.1. Biologie und Ökologie der Flechten	10
2.2.2. Erfassung der epiphytischen Lichenen	13
2.2.3. I.A.P.-Wert-Berechnung	16
2.2.4. Diversitätsuntersuchungen	17
2.3. Bodenuntersuchungen	20
2.3.1. Bestimmung der Bodenazidität	20
2.3.2. Bestimmung der organischen Substanz	21
2.3.3. Stickstoffbestimmung	22
2.3.4. Bestimmung von Bodenart und Bodenzustand	22
2.4. Baumrinden-pH-Messungen	26
2.5. Staubmessungen	27
2.6. Schwefeldioxidmessungen	28
2.7. Mikroklimamessungen	30
3. Das Untersuchungsgebiet	32
3.1. Naturräumliche Gegebenheiten	32
3.1.1. Die geographische Lage	32
3.1.2. Geologische Verhältnisse	33
3.1.3. Morphologische Verhältnisse	35
3.1.4. Klimatische Verhältnisse	43
3.1.5. Vegetationsverhältnisse	54
3.2. Wirtschaftsräumliche Gegebenheiten	65
3.2.1. Bevölkerung und Bevölkerungsentwicklung	66
3.2.2. Industrie und Gewerbe	70
3.2.3. Verkehr	73
3.2.4. Flächennutzung	77

Seite

4. Ergebnisse 82
4.1. Lepidium-Exponate 82
4.2. Flechtenuntersuchungen 90
4.2.1. Erfassung und Verbreitung der Lichenen 90
4.2.2. I.A.P.-Wert-Berechnung 113
4.2.3. Diversitätsuntersuchungen 124
4.3. Bodenuntersuchungen 128
4.4. Untersuchungen der Baumrinden-pH-Werte 129
4.5. Staubmessungen 137
4.6. Schwefeldioxidmessungen 139
4.7. Mikroklimamessungen 145
4.8. Chemische Blattanalysen 150
5. Diskussion 153
6. Zusammenfassung 176
7. Literatur 177
8. Verzeichnis der Tabellen 221
9. Verzeichnis der Abbildungen 223
10. Verzeichnis der Karten 226
11. Anhang 227

1. Einleitung und Problemstellung

Zwei der dringendsten Probleme der Menschheit sind die Bevölkerungsexplosion in den Ländern der "Dritten Welt" und die zunehmende Verstädterung. Verstädterungsprozesse in den sogenannten "Industrienationen" führen im allgemeinen zur Zerstörung der natürlichen Umwelt (CARSON 1962; MÜLLER 1972,1972b,1975; HALLER 1972; ILLIES 1972; MEADOWS 1972; WEIZSÄCKER 1973; LORENZ 1973; BERTHOLD 1973; SCHWABE 1973; McHALE 1974). Die Luftverunreinigung nimmt unter den zahlreichen negativen Umwelteinflüssen eine besondere Stellung ein (GEORGII 1963, 1973). In "urbanen Systemen" sind Industrie und Gewerbe, Hausfeuerungen und Kraftverkehr die Hauptemissionsquellen.

Ökologische Kriterien zur Abgrenzung von Schadräumen im biotischen Bereich sind Strukturen von Biozönosen, Verbreitungsmuster, Dominanz- und Vitalitätswerte von einzelnen "Indikatorarten", die durch pflanzen- und tiersoziologische Methoden erforscht werden können. Auch die rechnerischen, aus der Informationstheorie stammenden Methoden können hierzu einen wichtigen Beitrag liefern. Im abiotischen Bereich sind es die klassischen Standortfaktoren und die sie modifizierenden anthropogenen Einflüsse, die mit chemischen und physikalischen Meßmethoden zu bestimmen sind.

"Urbane Ökosysteme stellen eine vorrangig zu lösende Forschungsaufgabe dar, da ihr Verständnis eine wichtige Basis zur Ausscheidung ökologischer Kriterien für die Raum- und Stadtplanung und damit eine Grundlage für unser zukünftiges Zusammenleben liefert"(MÜLLER 1974a, S. 81). Zur Lösung der anstehenden Forschungsaufgaben können vor allem die Ökologie im HAECKEL'schen Sinne (HAECKEL

1866,1870; REITER 1885; THIENEMANN 1956; ODUM 1959, 1967; MARGALEF 1964; KÜHNELT 1970; STUGREN 1974; MÜLLER 1974a) und die Biogeographie (SCHMITHÜSEN 1957,1958,1968; DANSEREAU 1957; POLUNIN 1960; BIROT 1965; LEMEE 1967; DE LATTIN 1967; MACARTHUR & WILSON 1971; MÜLLER 1971,1972a,1972c,1973,1974b, 1975) einen Beitrag liefern. Die Ökologie befaßt sich mit den "Wechselbeziehungen und Wechselwirkungen von Leben und Umwelt"(STUGREN 1974, S. 14) (ELTON 1927; WEAVER & CLEMENTS 1929; ELLENBERG 1956,1963; BARNER 1965; SOCAVA 1972; STEUBING 1973; COLINVAUX 1973; REMMERT 1974; STUGREN 1974), während die Biogeographie die "biotische Ausstattung von Landschaften und Ländern, die Areale von Pflanzen und Tieren, ihre rezente Dynamik, Genese und wechselseitige Beziehung zum Menschen"(MÜLLER 1972 c, S. 25) als Forschungsgegenstand hat (HESSE 1924; HUECK 1936; JEANNEL 1942; SCHMITHÜSEN 1948, 1950a,1956,1968; DE LATTIN 1949,1951,1967; BEAUFORT 1951; DARLINGTON 1957; MEUSEL 1959; FREITAG 1962; ANT 1963; MÜLLER 1970,1972c,1974b,1975).

Die ökologische Valenz (HESSE 1924) einer Tier- oder Pflanzenart erlaubt ihr Vorkommen an einem bestimmten Standort, sofern die Standortsbedingungen nicht in direktem Widerspruch zu den artspezifischen Lebensansprüchen stehen (KÜHNELT 1955; SUKOPP et al. 1974; NAGEL 1975; SCHÄFER 1975). Die Kenntnis der ökologischen Valenz eines Taxons, als Forschungsgegenstand der Ökologie, ist Voraussetzung für die kausale Interpretation eines Areals, dem Forschungsgegenstand der Biogeographie (DE LATTIN 1967; SCHMITHÜSEN 1970; MÜLLER 1970,1972c; KALB 1970; WIRTH 1972).

Die Präsenz einer Art an einer bestimmten Erdstelle hat genetische, ökologische und historische Ursachen. Stenöke Organismen sind in ihrem Verbrei-

tungsmuster sehr eng mit den am Standort herrschenden Faktoren korreliert und eignen sich deshalb als "Bioindikatoren" (SCHÖNBECK 1968; MÜLLER 1971; THOME 1973; KLOMANN 1974; NAGEL 1975; SCHÄFER 1975) für Raumqualitäten.

Der anthropogene Einfluß innerhalb urbaner Ökosysteme ändert die Umweltfaktoren so stark, daß die Artenzusammensetzung von Fauna und Flora in den Städten modifiziert (vgl. SCHOLZ 1960; SCHWEIGER 1960; ERZ 1964; SUKOPP 1972; SUKOPP et al. 1974) und meist auch reduziert wird.

Die vorliegende Arbeit liefert einen Beitrag zur Ökosystemforschung und Stadtplanung, indem mit ökologischen Kriterien und verschiedenen Methoden versucht wurde, Räume gleicher bzw. ähnlicher Umweltqualität aufzuzeigen. Anhand der Verbreitung von Flechten, biometrischen Untersuchungen an Exponaten und speziellen Messungen und Berechnungen werden Zonen unterschiedlicher anthropogener Belastung aufgezeigt, die als Entscheidungskriterien für eine zukünftige, vernünftige Stadt- und Raumplanung gelten sollen. Die vorliegenden Untersuchungen sollen als Vergleichsmaterial späterer Arbeiten dienen, um Tendenzen der Belastung zu erkennen und/oder nachzuvollziehen.

Lichenen reagieren auf Umweltverschmutzungen außerordentlich sensibel (BORTENSCHLAGER & SCHMIDT 1963; DOMRÖS 1967; KLEE 1970; KUNZE 1974; JÜRGING 1975 u.a.) und können somit als Bioindikatoren verwandt werden. Die Untersuchung der Verbreitung von verschiedenen Flechtenarten im Stadtgebiet von Saarbrücken kann zu ökologischen und stadtklimatologischen Fragen einen wichtigen Beitrag liefern. Bei dieser Arbeit war es notwendig, Methoden anzuwenden, die leicht reproduzierbare Ergebnisse erwarten lassen. Durch inzwischen zahlreiche öko-

physiologische Arbeiten (SKYE 1968; SCHÖNBECK 1969; DÄSSLER & RANFT 1969; HAWKSWORTH & ROSE 1970; KLEE 1970; LE BLANC et al. 1972; KIRSCHBAUM 1972; KUNZE 1972; FERRY et al. 1973; TÜRK & WIRTH 1975) war eine qualitative Indikation, und durch pflanzensoziologische Aufnahmen eine quantitative Indikation möglich. Das Verbreitungsmuster der Flechtenarten läßt einen gewissen Interpretationsspielraum zu, der durch geeignete Methoden eingeengt werden mußte. Substratuntersuchungen und Mikroklimamessungen, der Nachweis von Fremdstoffen in Blättern, sowie physikalische und chemische Messungen von Umweltfaktoren wurden zur Klärung der Standortqualität herangezogen (STOCKER 1956; LARCHER 1963; BERGE 1964; BRAUN-BLANQUET 1964; STEUBING 1965,1973; SUCHODOLLER 1967; MÜLLER 1972; KREEB 1974).

Die Problematik, mit Bioindikatoren Raumstrukturen verschiedener Wertigkeit aufzuzeigen, liegt in der meist noch unzureichenden Erforschung der ökologischen Valenzen. Die Vorteile der Indikatormethode gegenüber jedem physikalisch-chemischen Meßgerät sind in der Erfassung "polyfaktorieller" Umweltbedingungen (MÜLLER 1972c) zu sehen.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Paul Müller für die Vergabe der Dissertationsarbeit, für wertvolle Diskussionsbeiträge und die großzügige Unterstützung danken. Sein Interesse und persönliches Engagement trugen im wesentlichen zum erfolgreichen Abschluß der Dissertation bei.

Auch all denen, die am Zustandekommen dieser Arbeit Anteil hatten, möchte ich meinen Dank aussprechen: den Mitarbeitern der Abteilung Biogeographie im Geographischen Institut der Universität des Saarlandes und den technischen Bediensteten für ihre stets freundliche Unterstützung, Herrn Dr. H. Schönbeck (Essen) für die chemischen Blattanalysen sowie für wertvolle Hinweise und Anregungen, Frau

Prof. Dr. O. Wilmanns (Freiburg) und Herrn Prof. Dr. H. Hertel (München) für die Möglichkeit der Lichenendeterminierung, und schließlich Herrn Prof. Dr. K. Mägdefrau (Deisenhofen), Frau Prof. Dr. L. Steubing (Gießen), Herrn Dr. E. Sauer (Saarbrücken), Herrn Dr. U. Kirschbaum (Gießen), Herrn Prof. Dr. J. Poelt (Graz) und Frau G. Ritschel für wertvolle Diskussionsbeiträge und Hinweise sowie für wichtiges Material.
Auch den Beamten und Angestellten von Stadtverwaltung, Forstverwaltung, Wetterwarte, Katasteramt, Gewerbeaufsichtsamt und den Ministerien bin ich für die Überlassung von Material sehr zu Dank verpflichtet.

2. Material und Methoden

2.1. Untersuchungen von Lepidium-Exponaten

Eine geeignete Methode, Räume gleicher bzw. ähnlicher Umweltqualitäten aufzuzeigen, ist die von SORAUER & RAMANN (1899) entwickelte sogenannte "Fangpflanzenmethode".

Die anfänglich sehr anfechtbare Methode - es wurden einjährige Pflanzen in immissionsbelasteter Industrienähe ausgesät, nach der Ernte mikroskopisch und chemisch untersucht und mit Kontrollpflanzen aus unbelasteten Gebieten verglichen - wurde in der Folgezeit immer mehr verfeinert (SORAUER 1911) und damit ihre Validität gesteigert. Von Phaseolus vulgaris L. (SORAUER & RAMANN 1899; SORAUER 1911) reicht die Palette der pflanzlichen Versuchsobjekte über Poa annua L. (BOBROV 1955; BLATTNY & BRCAK 1962), Pinus sylvestris L. (JAMRICH et al. 1960; VOGL 1964), Fagus sylvatica L. (BERGE 1961/62), Cardaminopsis halleri (L.) HAY. (RIEBARTSCH 1963), Avena sativa L. (BERGE 1963), Nicotiana tabacum L. (HEGGESTAD et al. 1964), Gladiolus communis L. (WOLTZ 1964), Ribes uva-crispa L. und Ribes rubrum L. (HAUT v. & STRATMANN 1970), Brassica oleracea L. (HETTCHE 1971) bis hin zu Hypogymnia physodes (L.) Nyl. (SCHÖNBECK 1969,1972), wobei die Aufzählung der oben genannten Arten nur beispielhaft ist und keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Die verschiedenen Taxa zeichnen sich durch eine unterschiedliche "ökologische Valenz" aufgrund artspezifischer, ökophysiologischer Reaktionsnormen aus. In der vorliegenden Arbeit wurde die Gartenkresse Lepidium sativum L. als Fangpflanze benutzt. Das Saatgut (Marke Mega groß-

blättrig, Original-Züchterpackung von Sperli Nr. 708 114/16) wurde in 25 Kunststoffeimern mit je 10l Fassungsvermögen ausgesät (vgl. Abb.53). Als Substrat diente eine gärtnerische Komposterde mit einem pH-Wert von 5,0. Die Böden der Eimer wurden durchlöchert, um stauende Nässe zu vermeiden, außerdem wurden die Gefäße bis zur 2 l-Marke mit grobem Kies, darüber bis zur 10 l-Marke mit Komposterde gefüllt. Jeweils sechzig keimfähige Samen kamen in fünf konzentrischen Kreisen zur Aussaat. Im Labor unterlagen alle Keimlinge innerhalb der ersten fünf Tage den gleichen Umweltbedingungen. Am 19.8.1974 wurden die Eimer an verschiedenen Stellen der Stadt exponiert (Karte 1), wobei sichergestellt wurde, daß alle Eimer gleichzeitig und regelmäßig eine bestimmte Menge Leitungswasser erhielten[1]. Nach dreiwöchiger Exposition erfolgte die Untersuchung im Labor.

a. Ermittlung des Blattflächenindexes:

Der Blattflächenindex (BFI)[2] in seiner Abhängigkeit von verschiedenen Standortsfaktoren (KNAPP 1958; WALTER 1960; BRAUN-BLANQUET 1964) gibt das Verhältnis von Blattfläche zu Bodenfläche an. Er ist ein indirektes Maß für die pflanzliche Produktivität an einer Erdstelle (BOYSEN-JENSEN 1932; LIETH 1962). Obwohl der BFI im allgemeinen nur das Blattwerk der Einzelpflanze impliziert, kann er bei vorliegender Arbeit durchaus angewandt werden, da sowohl Bodenfläche als auch Individuenzahl konstant blieben. Etwa 25% der vorhandenen Blattflächen wurden ausplanimetriert und

---

[1] Mein Dank gilt den hilfreichen Mitbürgern.

[2] in der engl. Lit. als LAI (leaf area index)

dann auf den gesamten Bestand umgerechnet (KRANZ 1964).

b. Ermittlung der Stoffproduktion:

Die Stoffproduktion, die in kausaler Beziehung zum Blattflächenindex steht, wurde nach der "Erntemethode" (LIETH 1962,1963; STEUBING 1965) bestimmt. Die Pflänzchen wurden mit den Wurzeln geerntet, gewaschen und dann in Wurzel-, Stengel- und Blattmasse getrennt. Nach der Frischgewichtsbestimmung wurde das Material bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und anschließend das Trockengewicht ermittelt. Aufgrund der verschiedenen Zuwachsraten bei den einzelnen Expositionseimern lassen sich unterschiedliche Umwelteinflüsse auf die Kohlenstoffansammlung, die sich als Gewichtszunahme manifestiert, nachweisen (LARCHER 1973).

c. Feststellung von Nekrosen:

Die Blattnekrosen wurden im gleichen Arbeitsgang mit der Bestimmung des BFI erfaßt und ausplanimetriet.

d. pH-Wert-Bestimmung des Wuchssubstrates:

Nach dem Abernten der Kresse wurde bei allen Eimerinhalten nachträglich noch einmal der pH gemessen, um eventuelle Schwankungen festzustellen.

2.2. Flechtenuntersuchungen

2.2.1. Biologie und Ökologie der Flechten

Flechten (= Lichenen) sind Doppelorganismen aus Pilz und Alge und stellen somit eine typische Symbiose dar. Der Pilzpartner (meist Ascomyceten) wird dabei als Mycobiont, der Algenpartner (meist

Cyanophyceae, Xanthophyceae und Chlorophyceae) als Phycobiont bezeichnet. Das Zusammenleben der beiden Symbionten ist so eng, daß spezifische Stoffwechselprodukte ("Flechtenstoffe") gebildet werden, die ein Partner alleine nie würde bilden können (ALMS 1832; ZOPF 1900,1901,1902,1907; FISCHER & FISCHER 1913; EDER & HAUSER 1925; ASHLEY et al. 1939; SHIBATA 1963,1965,1967; CULBERSON 1967; SANTESSON 1968,1969a,1969b,1970; MOSBACH 1969; HERTEL & LEUCKERT 1969; CULBERSON 1969; STEINER & HAUSCHILD 1970; LEUCKERT et al. 1970,1975). Das symbiotische Zusammenleben und die daraus resultierende anatomische und physiologische Differenzierung lassen die Flechten zu ubiquitären Kosmopoliten werden, d.h. sie kommen auf fast allen Substraten (RÄSÄNEN 1927; DU RIETZ 1932; DEGELIUS 1942,1962; MAGNUSSON 1942; BUTIN 1954; ATHI 1959; DOPPELBAUR 1959; WILMANNS 1962; FURNARI & LUCIANI 1962; LANGE & ZIEGLER 1963; HENDRICKSON & WEBER 1964; BERTSCH & BUTIN 1967; FOLLMANN 1967; LANGE et al. 1970; GALUN et al. 1972; WIRTH 1972) und in allen Klimabereichen (ANDERS 1928; DEGELIUS 1935; VARESCHI 1936,1953; AHLNER 1948; ALMBORN 1948; KLEMENT 1955; ERICHSEN 1957; LANGE 1957,1969; BESCHEL 1958; GROENHART 1958; ATHI 1959; AWASTHI 1960; LAMB 1964; ATHI & HENSSEN 1965; FOLLMANN 1965; LAMB & ZIMMERMANN 1966; KALB 1970; GALUN 1970; WIRTH 1972; DAHL & KROG 1973) vor. Durch langsames Wachstum - bedingt durch langsamen Abbau aufgenommener Verbindungen und eine langsame Proteinsynthese - und die Aufnahme der Nährstoffe über den gesamten Thallus ist das Vorkommen bestimmter Flechtenarten vielmehr von meso- und mikroklimatischen und biotischen Faktoren bestimmt als vom Makroklima. Ihre hohe ökologische Valenz macht die Lichenen zu "Pionieren der Pflanzenwelt" (NIENBURG 1921; MATTICK 1953),

da Temperaturen von minus 198°C bis plus 100°C und lange Trockenzeiten (bis zu 56 Wochen) überstanden werden (BEQUEREL 1948; LANGE 1953; SAKAI 1961; LAUNDON 1966; KAPPEN & LANGE 1970,1972).

Trotz dieser hohen ökologischen Valenz gegenüber allen möglichen biotischen und abiotischen Faktoren wirken sich die Luftverunreinigungen meist letal auf viele Flechten aus. Die toxischen Stoffe kumulieren im Pflanzenkörper, weil die Flechten wahllos alle Nährstoffe über die gesamte Thallusoberfläche aufnehmen. Schon NYLANDER schrieb 1866 bei der Untersuchung des Jardin du Luxembourg in Paris :"Les lichens donnent à leur manière la mesure de salubrité de l'air et constituent une sorte d'hygiomètre très sensible". Ihm fiel auf, daß die Artenzahl der Flechten in der Stadt geringer ist als im Stadtumland. Diese Tatsache förderte die Bedeutung der Lichenen als Bioindikatoren ungemein, so daß im ökologischen Konnex eine Explosion flechtenökophysiologischer Literatur zu verzeichnen ist (NYLANDER 1866; BRITZELMAYR 1875; ARNOLD 1891,1892 1897,1898,1900,1901; ERICHSEN 1905,1928; OCHSNER 1927; STOCKER 1927; HAUGSJA 1930; VAARNA 1934; HOEG 1936; MATTICK 1937; NEUBAUER 1938; MROSE 1941; BOULY DE LESDAIN 1948; BESCHEL 1950,1954; KLEMENT 1951,1966; JONES 1952; STEINER 1952,1957; BUTIN 1954; STEINER & SCHULZE-HORN 1955; BRIGHTMAN 1959; VILLWOCK 1959; FENTON 1960; MÄGDEFRAU 1960; SCHINZEL 1960; BARKMAN 1961; BRODO 1961; BORTENSCHLAGER & SCHMIDT 1963; SKYE 1964,1968; DE SLOOVER 1964; LAUNDON 1965-1967; DOMRÖS 1966,1967; NATHO 1966; COKER 1967; SCHADE 1967; LUNDSTRÖM 1968; MOBERG 1968; RYDZAK 1968; BORTENSCHLAGER 1969; DÄSSLER & RANFT 1969; SCHÖNBECK 1969; KLEE 1970; RUGE & FÖRSTER 1970; SAUNDERS 1970; BRODO 1971; EHRENDORFER et al. 1971; KUNZE 1974; JÜRGING 1975).

2.2.2. Erfassung der epiphytischen Lichenen

Die Feldarbeit wurde mit den Einzelblättern der "Topographischen Grundkarte" 1:5000 durchgeführt (Karte 2). Insgesamt wurden 943 Stationen untersucht, als Punkte in die Karten eingetragen (Karte 4) und die Untersuchungsergebnisse auf vorgedruckten Formularen festgehalten. Pro Station wurden mehrere Bäume, die nicht weiter als 50 m im Umkreis standen, untersucht und die Werte gemittelt. Die Gesamtzahl der so untersuchten Bäume betrug 5203, wobei an einer Station nicht mehr als 10 Bäume, wenn dies möglich war, untersucht wurden. Meist fanden sich jedoch nur 2-4 Bäume pro Untersuchungsstation.
Nur die epiphytischen Lichenen wurden untersucht und einschränkend hiervon nur die epiphlöodischen, während die epigäischen, epilithischen und epibryen Flechtentaxa unberücksichtigt blieben. Die Untersuchung am Baumstamm erfolgte mit Hilfe eines Zählrahmens (Abb.56), der eine Höhe von 150 cm hatte und in 5 x 10 Quadrate von je 225 cm^2 eingeteilt war. Dieser Rahmen wurde jeweils in einer Höhe von 50 bis 200 cm als Korsett um einen Baum gelegt und die Quadrate in den vier Hauptwindrichtungen ausgewertet (KIRSCHBAUM 1972). Dabei wurden folgende Faktoren erfaßt und numerisch in die Aufnahmeformulare eingetragen:

1. die Abundanz:

Aufgrund der bei Lichenen meist sehr schwierigen Unterscheidung von Einzelindividuen soll der Abundanzbegriff nicht auf das Individuum als sogen. Individuendichte (BRAUN-BLANQUET & PAVILLARD 1928; BRAUN-BLANQUET 1964), sondern auf die Art als Artabundanz bzw. Artdichte bezogen werden (HAUGSJA 1930; BESCHEL 1958a; BARKMANN 1963).

2. die Dominanz:
Sie drückt das prozentuale Verhältnis des Vorkommens einer Art (relative Abundanz) in Beziehung zu den anderen Arten pro Flächeneinheit aus. Damit ist sie ein Maß für die ökologische Potenz einer Art, d.h. sie spiegelt die Interaktion des Organismus mit den örtlich vorhandenen abiotischen und biotischen Faktoren wider (DEGELIUS 1935; SCHWICKERATH 1940; BARKMAN 1958; WILMANNS 1962; NATHO 1964; SKYE 1965; WILMANNS & BIBINGER 1966; WIRTH 1972). Die Dominanzuntersuchungen erfolgten nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1928[1],1951[2],1964[3]), wobei eine 7-teilige Skala zur Anwendung kommt:

r = nur ganz wenige Individuen (1-5 Stück) mit sehr geringen Bedeckungsanteilen in den Aufnahmeflächen.
+ = wenig vorhanden. Bedeckungsanteile gering.
1 = reichlich vorhanden, jedoch weniger als 5% der Aufnahmefläche bedeckend.
2 = 5-25% der Aufnahmefläche bedeckend. Nach BRAUN-BLANQUET auch sehr zahlreiche Individuen, aber weniger als 5% der Aufnahmefläche bedeckend.
3 = 25-50% der Aufnahmefläche bedeckend.
4 = 50-75% der Aufnahmefläche bedeckend.
5 = 75-100% der Aufnahmefläche bedeckend.

(aus KNAPP 1958, S. 19 nach BRAUN-BLANQUET). In vorliegender Arbeit wurden jedoch nur die Symbole "r" (rar), "+" (Kreuz) und "1" verwandt, während ansonsten die Prozentangaben wegen der höheren Schätzgenauigkeit beibehalten wurden.

3. die Vitalität:
Der Vitalitätszustand eines Organismus kann gerade bei kleinräumigen Untersuchungen (Stadtgebiete) von größter Wichtigkeit sein, wenn innerhalb geringer Distanzen Vitalitätsschwankungen festgestellt werden

(NYLANDER 1866; ARNOLD 1891-1901; ERICHSEN 1905; HÄYREN 1914; HØEG 1934; WAGNER 1938; FELFÖLDY 1942; BOULY DE LESDAIN 1948; ELLENBERG 1952; BRODO 1961, 1962; SCHÖNBECK 1968,1969; MAURER et al. 1969; GILBERT 1969; BORTENSCHLAGER 1969; KIRSCHBAUM et al. 1971; THIELE 1974; JÜRGING 1975). Obwohl die Vitalität eines Organismus meist eng mit dessen Dominanz korreliert (WAGNER 1938; SCHMITHÜSEN 1968), ist es zweckmäßig, im urbanen Bereich Vitalitätsuntersuchungen durchzuführen, weil oft trotz hoher Dominanzwerte das ökologische Optimum überschritten ist (BESCHEL 1950; VILLWOCK 1959; BARKMAN 1961; BRODO 1961,1966; DOMRÖS 1966; GRUPE 1966; KOFLER et al. 1969; DÄSSLER & RANFT 1969; KLEE 1970; PYATT 1970). In Abänderung der 4-stufigen Vitalitätsbonitierung nach BRAUN-BLANQUET (1964) wurde in vorliegender Arbeit eine 7-stufige Prozentbonitierung angewandt, die differenziertere Aussagen zuläßt:

6 = ohne Schäden, kräftig entwickelt
5 = ohne sichtbare Schäden, schwach entwickelt
4 = geringe Schäden, bis 10%
3 = 10-25% Schäden
2 = 25-50% Schäden
1 = 50-75% Schäden
0 = 75-100% Schäden

4. wichtige ökologische Standortfaktoren:
   a. Bodenart und Bodenzustand (vgl. Kap. 2.3.4.) wurden berücksichtigt.
   b. Lage zum Licht; hierbei wurde festgehalten, ob der Standort
      beschattet = 1 oder
      unbeschattet = 2 war.
   c. Beim Windeinfluß wurde zwischen
      1 = Leelage und
      2 = Luvlage unterschieden.
   d. Geringe rel. Luftfeuchte =1, hohe =2

Eindeutig ansprechbare Arten wurden am Standort bestimmt, bei kritischen Fällen wurden Flechtenproben entnommen und im Labor mit den zur Verfügung stehenden Mitteln (Bestimmungsliteratur, Chemikalien und Vergleichsmaterial) untersucht. Als Bestimmungsliteratur dienten: ERICHSEN 1957; BERTSCH 1964; GAMS 1969; POELT 1969,1974; OZENDA & CLAUZADE 1970. Ferner wurde mir Gelegenheit gegeben, zu Vergleichsuntersuchungen mit dem Herbarmaterial des Botan. Institutes der Universität Freiburg und dem der Bayerischen Staatssammlung in München zu arbeiten. Die Erfassung der Lichenen erhebt jedoch trotz intensiver Feldarbeit keinen Anspruch auf Vollständigkeit, und es ist durchaus möglich, daß die eine oder andere Art übersehen wurde oder nicht eindeutig zu determinieren war.

2.2.3. I.A.P.-Wert-Berechnung

Die ehemals rein qualitativen Aussagen und Ergebnisse über die Bioindikation von Flechten (ANDREASEN & GRAVESEN 1949; BESCHEL 1950; STEINER & SCHULZE-HORN 1955; STEINER 1957; FREY 1958; BRIGHTMAN 1959; SCHINZEL 1960; BRODO 1961a; FENTON 1962, 1964; VILLWOCK 1962; TALLIS 1964) wurden in der neueren Literatur zu quantifizieren versucht (De SLOOVER & LeBLANC 1968; SCHÖNBECK 1968; DE SLOOVER 1969; LeBLANC & DE SLOOVER 1970; GILBERT 1971; HILL 1971; LeBLANC 1971; BÖRTITZ & RANFT 1972; KIRSCHBAUM 1972; LeBLANC et al. 1972; KUNZE 1972,1974; BAUER 1973; HURKA & WINKLER 1973; KILIAS 1974; DJALALI 1974; JÜRGING 1975).
DE SLOOVER und LeBLANC (1968,1970) entwickelten eine Methode, Raumqualitäten aufgrund der Empfindlichkeit von Flechten gegenüber Luftverunreinigungen

zu kartieren. Sie stellten einen sogen. Luftreinheitsindex (I.A.P. = "index of atmospheric purity") auf, der eine direkte Beziehung zur Luftqualität darstellt. Für jede Untersuchungsstation gilt dabei die Formel:

$$\sum_{n}^{1} (Q \times f)/10$$

"n" ist die Zahl der Spezies an einem Standort. "Q" ist der ökologische Index einer Art a und wird bestimmt, indem man die Zahl der Spezies, die zusammen mit a an einer Stelle vorkommen, addiert und die Artengesamtsumme aller Standorte, an denen die Art a vorkommt, durch deren Anzahl teilt. "f" ist die Summe aus Dominanzwert, Vitalitätsgrad und den angegebenen Standortsfaktoren (vgl. 2.2.2.) und unterliegt der Subjektivität des Bearbeiters. Die Endsumme aller (Q x f) an einem Standort wird durch den Faktor 10 dividiert, um zu einer kleineren Zahl zu kommen. Bei der I.A.P.-Berechnung spiegelt der Q-Wert die Toxitoleranz einer jeden Art wider, und f weist auf die Umweltbelastung hin. Somit korreliert ein hoher I.A.P.-Wert mit optimalen, ein niedriger I.A.P.-Wert mit pessimalen Umweltbedingungen. Die errechneten I.A.P.-Werte wurden in Wertstufen eingeteilt, in eine Karte übertragen und durch Isolinien verbunden (Karte 5).

2.2.4. Diversitätsuntersuchungen

Die Artendichte kann ein Indiz für die Vielschichtigkeit von Umweltfaktoren sein (HAIRSTON 1959; UHLMANN 1966). Nach dem zweiten biozönotischen Grundprinzip (THIENEMANN 1918,1938) bedingen polystrukturielle Umweltfaktoren Artenreichtum und Individuenarmut, monostrukturielle Umweltbedingungen Artenarmut und Individuenreichtum.

" Die Artendichte kennzeichnet also bedingt das Ökosystem, die funktionelle ökologische Einheit von Lebensraum (Biotop) und Artengemeinschaft (Biozön oder Teil des Biozöns)"(Zit.: HÖSER 1973, S. 314) . Ökosysteme sind nicht statisch, sondern befinden sich in einem Fließgleichgewicht (STUGREN 1974), sind also immer offene Systeme, die eine Information übertragen (FRÄNZLE 1974; NAGEL 1975; MÜLLER et al. 1975). "Biozönosen sind dynamische Parameter von Ökosystemen und daher untereinander sowie mit den abiotischen Faktoren wechselseitig verknüpft" (Zit.: NAGEL 1976) . Die Struktur von Lebensgemeinschaften ist also identisch mit der "Diversität" (= Mannigfaltigkeit) der einzelnen Elemente. Jedes System, das in Elemente und davon abhängige Unterelemente ("set - subset-System") zu gliedern ist, zeichnet sich durch die spezifische Diversität seiner Elemente aus (NAGEL 1976). Deshalb muß der Diversitätsbegriff immer spezifiziert werden, z.B. als Arten-Diversität, Ökotypen-Diversität, Diversität von Lebensräumen usw.. Die Artendiversität ist von zwei Faktoren abhängig:

1. von der Anzahl der Elemente (Arten) und
2. von den Dominanzverhältnissen der Untereinheiten (Individuen). Zur Darstellung der Arten-Diversität sind somit notwendig:

1. objektive Aufnahmemethoden (vgl. Kap. 2.2.2.),
2. umfangreiches Material zur statistischen Auswertung und Absicherung,
3. genaue Determination des Materials und
4. quantitative Ordnung des Materials.

Zur praktischen Messung dieser so verstandenen Diversität kann die aus der Informationstheorie stammende Formel (PIELOU 1969)

$$H_S = -\sum_{i=1}^{S} \frac{N_i}{N} \log \frac{N_i}{N} \qquad (1)$$

angewandt werden, wobei s die Artenzahl, N die Gesamtindividuenzahl oder - wie in vorliegender Arbeit - die Gesamtdeckung bedeutet. H, als Diversität, kann je nach Voraussetzung unterschiedlich ermittelt werden (BRILLOUIN 1959; PIELOU 1966,1969; NAGEL 1975). Sind die N_i-Werte Stichprobenwerte, so gilt (1) (SHANNON 1948; PIELOU 1969; HÖSER 1973; NAGEL 1975), und zwar nur dann, wenn die erfaßten Populationen zufällige Ausschnitte unendlich großer Populationen sind. Ist N_i kein Stichprobenwert, sondern, wie in vorliegender Arbeit, ein exakter Wert aufgrund der vollständigen Erfassung eines genau definierten Ausschnittes einer Biozönose, so kommt die Formel nach BRILLOUIN (1951,1959,1964) zur Anwendung (PIELOU 1969; HÖSER 1973; NAGEL 1975, 1976): (2)

$$H = \frac{1}{N} \log \frac{N!}{N_1!\, N_2! \ldots N_s!} \triangleq H = (1/N)(\log N! - \sum_i \log N_i)$$

Zur Ermittlung der Diversität wurden die nach der im Kapitel 2.2.2. beschriebenen Methode gesammelten Daten (Artenzahl und Dominanzverhältnisse) in (2) eingegeben und im Rechenzentrum der Universität des Saarlandes mit dem Computer (Telefunken TR 440) errechnet.

Die theoretischen Ableitungen und die Anwendbarkeit der Formeln sind bei SHANNON (1948), BRILLOUIN (1964), PIELOU(1966,1969), HÖSER (1973), WILSON & BOSSERT (1973), STUGREN (1974) und NAGEL (1975) ausführlich diskutiert.

2.3. Bodenuntersuchungen

Der Boden ist ein Produkt seiner Umwelt, d.h. aller auf ihn einwirkenden abiotischen und biotischen Einflüsse (ATTERBERG 1908; BLUMENSTOCK & THORNWAITE 1941; FRANZ 1950; FINK 1952; LAATSCH 1957; HILPOLSTEINER 1958; KMOCH 1962; GANSSEN 1965; SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1966; BECK 1968; HARTGE 1971). Darüber hinaus übt der Boden selbst einen Einfluß ökologischer Art aus (LUNDEGARDH 1957; BRAUN-BLANQUET 1964).

2.3.1. Bestimmung der Bodenacidität

Die H-Ionenaktivität im Boden (aktive Acidität) wird durch den pH-Wert einer wässrigen Suspension erfaßt (KAPPEN 1929; CRUSE & FRITZE 1958; SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1966). Zur Bestimmung des pH-Wertes wurden Bodenproben aus 5 cm und 20 cm Tiefe entnommen, in luft- und wasserdichte Kunststofftüten verpackt und im Labor untersucht. Alle Proben wurden an einem Tag gesammelt, um den etwaigen jahreszeitlichen pH-Unterschied zwischen den einzelnen Standorten zu vermeiden (SMALL 1954), und am zweiten Tag im Labor der pH(H_2O) in wässriger Suspension bei den frischen Proben gemessen. Die Messungen wurden elektrometrisch mit einem Taschen-pH-Meter (Modell pH 56 von WTW) durchgeführt. Das Gerät ist mit einer Einstabglaselektrode ausgerüstet, die einen Innenpuffer von pH 7,0 und einen definierten Zusatz an KCl hat. Die Phasengrenzpotentiale zwischen dem Innen- und Außenmedium der Glaselektrode werden abgeleitet und als Potentialdifferenz aufgezeigt. Die Eichung der Meßkette erfolgte mit Puffertabletten von WTW, die der NBS-Norm (Meßgenauigkeit $\pm$ 0,05 pH bei den Puffern pH 9,3, 6,9 und 4,0) entsprechen.

2.3.2. Bestimmung der organischen Substanz

"Zur organischen Substanz des Bodens gehören alle in und auf dem Boden befindlichen abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Stoffe und deren organische Umwandlungsprodukte"(Zit.: SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1966, S. 67) . Dank der in Saarbrücken vorkommenden, nicht allzu reichen tonigen Sandböden konnte die organische Substanz direkt über den Glühverlust bestimmt werden. Je ein Teil der genommenen Bodenproben wurde im Wärmeschrank bei 100°C getrocknet und anschließend mit einem Schüttelapparat (Retax-Labor-Siebmaschine) bis zur Feinerde (2 mm)fraktioniert. Genau 10 Gramm der Erde wurden in einem Tiegel über dem Bunsenbrenner unter leichtem Schütteln ausgeglüht. Der Glühverlust errechnet sich folgendermaßen:

$GV = TG_1 + BE - TG_2 + BE$ (STEUBING 1965)

$$GV\ \% = \frac{GV \times 100}{BE}$$

GV = Glühverlust
TG_1 = Tiegelgewicht vor dem Glühen
TG_2 = Tiegelgewicht nach dem Glühen
BE = Bodeneinwaage

Nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1966) lassen sich die Böden je nach Gehalt an organischer Substanz klassifizieren:

Bezeichnung	C-Gehalt %	Gehalt an organ. Substanz %
schwach humos	< 1	< 2
mäßig humos	1,1 - 2	2,1 - 4
stark humos	2,1 - 5	4,1 - 10
sehr stark humos	> 5	> 10

(aus SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1966, S. 69)

STEUBING (1965, S. 212) verwendet für leichte Sandböden folgende Skala:

Bezeichnung	Gehalt an organ. Substanz %
humusarm	- 1
humushaltig	1 - 2
humos	2 - 4
humusreich	4 - 8
anmoorig	>8
Humusboden	>8

2.3.3. Stickstoffbestimmung

Die Stickstoffbestimmung wurde im Freiland nach der "Wasserzangenmethode" von TEPE vorgenommen. Getestet wurde auf Salpeterstickstoff (NO_3-N) und Ammoniakstickstoff (NH_4-N). NH_4, das zum großen Teil in silikatischer Bindung vorliegt, wurde nur bei Böden mit weniger als pH 5,0 untersucht. Das in die Wasserzange eingeklemmte, präparierte Saugpapier (Saugkraft etwa 45 atm) zieht mit dem Bodenwasser sowohl den NO_3-N als auch den NH_4-N mit auf, der dann mit verschiedenen Reagenzien kolorimetrisch bestimmt wird.

2.3.4. Bestimmung von Bodenart und Bodenzustand

Die Bodenart-und Bodenzustandsbeschreibung erfolgte nach dem Bodenschätzungs- bzw. Ackerschätzungsrahmen (S. 23) und dem Grünlandschätzungsrahmen (S. 24), die seit 1925 zur Feststellung der Einheitswertberechnung für landwirtschaftliche Betriebe angewandt werden. Dabei kann die Bestimmung durch eine Buchstaben-Zahlenkombination (vgl. Tab. 1 u. 2,Seite 23 u. 24) angegeben werden. Die räumliche Verteilung der Bodenzustandsstufen[1] zeigt die Karte 8.

[1]Dem amtlichen Bodenschätzer Herrn Agrar-Ing. grad. Heiner Groß sei für die Bereitstellung des Materials gedankt.

Tabelle 1

Ackerschätzungsrahmen [1]

Bodenart	Entstehung	Zustandsstufe 1	2	3	4	5	6	7
S	D	—	41—34	33—27	26—21	20—16	15—12	11— 7
	Al	—	44—37	36—30	29—24	23—19	18—14	13— 9
	V	—	41—34	33—27	26—21	20—16	15—12	11— 7
Sl	D	—	51—43	42—35	34—28	27—22	21—17	16—11
(S/lS)	Al	—	53—46	45—38	37—31	30—24	23—19	18—13
	V	—	49—43	42—36	35—29	28—23	22—18	17—12
lS	D	68—60	59—51	50—44	43—37	36—30	29—23	22—16
	Lö	71—63	62—54	53—46	45—39	38—32	31—25	24—18
	Al	71—63	62—54	53—46	45—39	38—32	31—25	24—18
	V	—	57—51	50—44	43—37	36—30	29—24	23—17
	Vg	—	—	47—41	40—34	33—27	26—20	19—12
SL	D	75—68	67—60	59—52	51—45	44—38	37—31	30—23
(lS/sL)	Lö	81—73	72—64	63—55	54—47	46—40	39—33	32—25
	Al	80—72	71—63	62—55	54—47	46—40	39—33	32—25
	V	75—68	67—60	59—52	51—44	43—37	36—30	29—22
	Vg	—	—	—	47—40	39—32	31—24	23—16
sL	D	84—76	75—68	67—60	59—53	52—46	45—39	38—30
	Lö	92—83	82—74	73—65	64—56	55—48	47—41	40—32
	Al	90—81	80—72	71—64	63—56	55—48	47—41	40—32
	V	85—77	76—68	67—59	58—51	50—44	43—36	35—27
	Vg	—	—	64—55	54—45	44—36	35—27	26—18
L	D	90—82	81—74	73—66	65—58	57—50	49—43	42—34
	Lö	100—92	91—83	82—74	73—65	64—56	55—46	45—36
	Al	100—90	89—80	79—71	70—62	61—54	53—45	44—35
	V	91—83	82—74	73—65	64—56	55—47	46—39	38—30
	Vg	—	—	70—61	60—51	50—41	40—30	29—19
LT	D	87—79	78—70	69—62	61—54	53—46	45—38	37—28
	Al	91—83	82—74	73—65	64—57	56—49	48—40	39—29
	V	87—79	78—70	69—61	60—52	51—43	42—34	33—24
	Vg	—	—	69—58	57—48	47—38	37—28	27—17
T	D	—	71—64	63—56	55—48	47—40	39—30	29—18
	Al	—	74—66	65—58	57—50	49—41	40—31	30—18
	V	—	71—63	62—54	53—45	44—36	35—26	25—14
	Vg	—	—	59—51	50—42	41—33	32—24	23—14
Mo		—	—	45—37	36—29	28—22	21—16	15—10

[1] Aus SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL 1966, S. 457

Erläuterungen zur Tabelle 1 Seite 25

Tabelle 2

Grünlandschätzungsrahmen [1]

Boden- Art	Stufe	Klima	Wasserverhältnisse 1	2	3	4	5
S	I (45—40)	a	60—51	50—43	42—35	34—28	27—20
		b	52—44	43—36	35—29	28—23	22—16
		c	45—38	37—30	29—24	23—19	18—13
	II (30—25)	a	50—43	42—36	35—29	28—23	22—16
		b	43—37	36—30	29—24	23—19	18—13
		c	37—32	31—26	25—21	20—16	15—10
	III (20—15)	a	41—34	33—28	27—23	22—18	17—12
		b	36—30	29—24	23—19	18—15	14—10
		c	31—26	25—21	20—16	15—12	11— 7
lS	I (60—55)	a	73—64	63—54	53—45	44—37	36—28
		b	65—56	55—47	46—39	38—31	30—23
		c	57—49	48—41	40—34	33—27	26—19
	II (45—40)	a	62—54	53—45	44—37	36—30	29—22
		b	55—47	46—39	38—32	31—26	25—19
		c	48—41	40—34	33—28	27—23	22—16
	III (30—25)	a	52—45	44—37	36—30	29—24	23—17
		b	46—39	38—32	31—26	25—21	20—14
		c	40—34	33—28	27—23	22—18	17—11
L	I (75—70)	a	88—77	76—66	65—55	54—44	43—33
		b	80—70	69—59	58—49	48—40	39—30
		c	70—61	60—52	51—43	42—35	34—26
	II (60—55)	a	75—65	64—55	54—46	45—38	37—28
		b	68—59	58—50	49—41	40—33	32—24
		c	60—52	51—44	43—36	35—29	28—20
	III (45—40)	a	64—55	54—46	45—38	37—30	29—22
		b	58—50	49—42	41—34	33—27	26—18
		c	51—44	43—37	36—30	29—23	22—14
T	I (70—65)	a	88—77	76—66	65—55	54—44	43—33
		b	80—70	69—59	58—48	47—39	38—28
		c	70—61	60—52	51—43	42—34	33—23
	II (55—50)	a	74—64	63—54	53—45	44—36	35—26
		b	66—57	56—48	47—39	38—30	29—21
		c	57—49	48—41	40—33	32—25	24—17
	III (40—35)	a	61—52	51—43	42—35	34—28	27—20
		b	54—46	45—38	37—31	30—24	23—16
		c	46—39	38—32	31—25	24—19	18—12
Mo	I (45—40)	a	60—51	50—42	41—34	33—27	26—19
		b	57—49	48—40	39—32	31—25	24—17
		c	54—46	45—38	37—30	29—23	22—15
	II (30—25)	a	53—45	44—37	36—30	29—23	22—16
		b	50—43	42—35	34—28	27—21	20—14
		c	47—40	39—33	32—26	25—19	18—12
	III (20—15)	a	45—38	37—31	30—25	24—19	18—13
		b	41—35	34—28	27—22	21—16	15—10
		c	37—31	30—25	24—19	18—13	12— 7

Klima: a —8,0° C Jahreswärme und darüber; b —7,9—7,0° C Jahreswärme; c —6,9—5,7° C Jahreswärme

[1] Aus RÖSCH & KURANDT 1950 (Unveränderter fotomechanischer Nachdruck 1968), S. 52

Erläuterungen zur Tabelle 2 Seite 25

Erläuterungen zur Tabelle 1,Seite 23

S = Sand; Sl = anlehmiger Sand; lS = lehmiger Sand; SL = stark lehmiger Sand; sL = sandiger Lehm; L = Lehm; LT = schwerer Lehm; T = Ton; Mo = Moor; D = Diluvium; Al = Alluvium; Lö = Löß; V = Verwitterungsböden; Vg = Trümmer- oder Gesteinsböden.
Die Zustandsstufen "kennzeichnen diejenigen Bodeneigenschaften, die in der Hauptsache durch langdauernde Einwirkungen von Klima, früherem Pflanzenbestand, Geländegestaltung, Grundwasser und Art der Nutzung oder auch durch das Gestein bedingt sind" (Zit.: aus RÖSCH & KURANDT 1950, S. 41) . Die Zustandsstufe 1 ist die günstigste, die Stufe 7 die schlechteste. Die Wertzahlen (Bodenzahlen) bringen den Ertragsunterschied bei normaler Bewirtschaftung zum Ausdruck. Den besten Böden des Deutschen Reiches wurde die Wertzahl "100" gegeben.

Erläuterungen zur Tabelle 2,Seite 24

Der Grünlandschätzungsrahmen ist auf der Grundlage der natürlichen Ertragsbedingungen Boden, Wasser und Klima aufgestellt. Die Wertzahlen entsprechen denen des Ackerschätzungsrahmens (s.o.).
S = Sand; lS = lehmiger Sand; L = Lehm; T = Ton; Mo = Moor
Bodenstufe I ≙ Zustandsstufe 2 u. 3 (s.S. 23)
Bodenstufe II ≙ Zustandsstufe 4 u. 5
Bodenstufe III ≙ Zustandsstufe 6 u. 7
Klimastufe a = 8,0°C Jahreswärme und darüber
Klimastufe b = 7,9 - 7,0°C Jahreswärme
Klimastufe c = 6,9 - 5,7°C Jahreswärme
Die Wasserverhältnisse werden folgendermaßen bezeichnet:
Stufe 1 = frische, gesunde Lagen mit gutem Süßgräserbestand

Stufe 2 = frische, gesunde Lagen mit schlechterem Süßgräserbestand
Stufe 3 = feuchte Lagen ohne stauende Nässe; geringer Anteil an Sauergräsern. Trockene Lagen mit harten Gräsern
Stufe 4 = feuchte Lagen mit etwas stauender Nässe; erhöhter Anteil an Sauergräsern. Trockene Lagen mit hohem Anteil an harten Gräsern.
Stufe 5 = sumpfige Lagen mit stauender Nässe; meist Sauergräser. Sehr trockene, dürre Lagen mit harten Gräsern

2.4. Baumrinden-pH-Messungen

MROSE (1941), GARBER (1962), BIBINGER (1967), STAXÄNG (1969), KÖHM & LÖTSCHERT (1972,1973), TÜRK & WIRTH (1974,1975) u.a. wiesen auf den Indikatorwert der Baumrinden-pH-Untersuchungen in anthropogen belasteten Räumen hin. Im Stadtgebiet wurden die Rinden folgender häufig vorkommender Baumarten untersucht:

Acer platanoides L.
Aesculus hippocastanum L.
Betula pendula ROTH
Fagus sylvatica L.
Malus domestica BORKH.
Platanus occidentalis L.
Quercus petraea (MATT.) LIEBL.
Robinia pseudoacacia L.

Die Rinde wurde mit einem runden Stanzeisen (Durchmesser 7,5 cm) in einer Höhe von 1,50 m aus dem Baum ausgestanzt, wobei darauf geachtet wurde, daß nur Bäume mit vergleichbarem Umfang besammelt und alle Proben auf der Westseite des Baumstammes genommen wurden. Bei den frischen Proben wurden die oberen 3 mm der Rinde und zur Kontrolle eine tiefer

liegende Rindenschicht (>5 mm) mit einem Messer abgeschnitten, getrocknet, pulverisiert und mit Aqua dest. versetzt. Der pH-Wert der Suspension wurde elektrometrisch (vgl. Kap. 2.3.1.) bestimmt. 586 Bäume wurden auf diese Weise untersucht.

2.5. Staubmessungen

Staub ist ein "fein zerteilter Feststoff beliebiger Form, Struktur und Dichte, dessen Teilchengröße etwa zwischen 1 und 500 µm liegt"(VDI-Richtlinie 2031). In der VDI-Richtlinie 2305 (1965) werden die Stäube in Grobstaub (500-50 µm), Mittelstaub (50-10 µm), Feinstaub (10-0,5 µm) und Feinststaub (<0,5 µm) eingeteilt. Da Stäube unter Umständen einen positiven (KRÜGER 1951; STRATMANN 1956; SCHEFFER et al. 1961; BERGE 1966; STEFAN & POLANSCHÜTZ 1967), meist jedoch einen negativen Einfluß auf die Vegetation haben (WIELER 1932; ROHMEDER 1960; LEH 1966; KELLER & PREIS 1967; RUGE & FÖRSTER 1970; THIELE 1974; JÜRGING 1975), erschien es zweckmäßig, mit einer einfachen Feldmethode signifikante Staubbelastungsunterschiede festzustellen. In Ergänzung der über Jahre hinweg durchgeführten Staubniederschlagsmessungen des Staatlichen Institutes für Hygiene und Infektionskrankheiten Saarbrücken (RUMLER et al. 1966-1975) und der seit etwa einem Jahr vorgenommenen Schwebstaubmessungen des Amtes für Umweltschutz der Stadt Saarbrücken wurden an 77 Meßstellen (vgl. Karte 9) Staubproben entnommen und quantitativ untersucht. Zur Anwendung kam die vom Verfasser modifizierte Meßmethode nach DIEM (1956,1957,1960; DIEM & JURKSCH 1961), die in der VDI-Richtlinie 2119 (1962)

als eine mögliche (neben anderen Meßmethoden) angegeben wird. Trotz der methodologischen Einwände (GILGEN et al. 1964), die übrigens gegenüber jeder der zahlreichen Meßmethoden bestehen, liefert die sogenannte "Haftfolienmethode" brauchbare Vergleichswerte. Mit Haftetiketten (Durchmesser 25 mm) wurden pro Standort 10 Staubproben genommen. Die Entnahme erfolgte - mit wenigen Ausnahmen - an Blättern von Platanus, da diese Baumart fast gleichmäßig verteilt ist. Alle Proben wurden nach einer 9-tägigen Schönwetterperiode (24. Juli - 11. August 1975) ohne Regen gesammelt. Die Folien wurden auf einer Präzisionswaage gewogen und anschließend erfolgte eine Klassifizierung nach verschiedenen Staubkorngrößen, die mit einem Meßokular mikroskopisch festgestellt wurden.

2.6. Schwefeldioxidmessungen

Das Schwefeldioxid (SO_2) nimmt unter den gasförmigen toxischen Emissionen eine vorrangige Stellung ein. Es tritt in hohen Konzentrationen vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger (Steinkohle, Braunkohle, Erdöl) und bei Verhüttungsprozessen auf (STRATMANN 1958; KATZ 1964; SCHWARZ 1964; GARBER 1967; BERGE & JAAG 1970). Das stechend riechende farblose Gas ist stark phytotoxisch, wobei in erster Linie die Chloroplasten des Mesophylls geschädigt werden (ZINKERNAGEL 1938,1958; MÜLLER 1957; THOMAS 1961; GARBER 1967; BERGE & JAAG 1970). Auch die Transpiration (HEILING 1933; KELLER 1958; GARBER 1967), die Assimilation (KELLER 1958; VOGL 1964), die Atmung (KELLER 1958; GARBER 1967) und wichtige Pflanzeninhaltsstoffe (HENGL 1923;

SCHÖNBECK 1960; GUDERIAN & STRATMANN 1962; BÖRTITZ 1964) werden stark beeinträchtigt.
Nach Ziffer 2.4.3 der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) vom 28.8.1974 (MUTHESIUS 1975) gelten für das SO_2 folgende neue Immissionswerte (Massenkonzentration mg/m^3):
$IW_1 = 0,140$ $IW_2 = 0,40$
Eigene Messungen wurden an 5 Meßpunkten innerhalb der Stadt (s. Karte1) über jeweils mehr als 24 Stunden durchgeführt. Als Meßgerät diente der SO_2-Detektor (Typ PW 9700)[1] von Philips. Die Bestimmung der SO_2-Konzentration erfolgte in mg/m^3 Luft und wurde als Halbstundenmittelwert aus dem Flachschreiberpapierstreifen errechnet. Vor jeder Messung am jeweiligen Standort lief das Gerät 2-3 Stunden warm, um den chemischen Teil auf die konstante Betriebstemperatur zu bringen, und wurde in dieser Zeit geeicht (elektrische und chemische Eichung). Der Luftansaugschlauch des Gerätes war im Freien in etwa 1,50m Höhe angebracht, wobei darauf geachtet wurde, daß er nicht direkt mit Mauerwerk und anderen Hindernissen in Berührung kam (Thermo- und Strömungseffekte). Die zu analysierende Ansaugluft passierte vor der eigentlichen Meßzelle ein Selektivfilter, das die Luft von unerwünschten Bestandteilen befreite. Auf Einzelheiten der chemischen Prozesse innerhalb der Messzelle kann hier nicht eingegangen werden.

---

[1] Das Gerät besteht aus 5 Baueinheiten:
1. chemische Einheit, 2. Elektrolyth, 3. elektrische Einheit, 4. Probennahme-Einheit, 5. SO_2-Quelle

2.7. Mikroklimamessungen

Mikro- und mesoklimatische Faktoren spielen im standortökologischen Bereich eine bedeutende Rolle (KREUTZ 1952; BAUMGARTNER 1952; KNAPP & LINSKENS 1953; GEIGER 1961; BARSCH 1963; BLUSKOWA 1965; DICKEL 1966; FISCH 1966; DOMRÖS 1966; HORNEY 1966, 1971; WILMERS 1968; KÜHNELT 1970; LANDSBERG 1970; BERNATZKY 1970,1972; FÖRSTER & RUGE 1970; HÖSCHELE 1970; MÜLLER 1972,1974; BECKER 1972; KAYSER & KIESE 1974). Obwohl Tiere und Pflanzen einem ähnlichen großräumigen Makroklima unterliegen, spiegeln die mikroklimatischen, stets räumlich eng begrenzten Faktoren (LUNDEGARDH 1957; GEIGER 1961) standörtliche Unterschiede im Faunen- und Florengefüge wider (STEINER 1952; MÜLLER 1971; NAGEL 1975). Klimafaktoren im Konnex mit anderen Standortsfaktoren sind allerdings außerordentlich schwer zu erforschen (KRATZER 1956; WEISCHET 1974; ERIKSEN 1975) und zu analysieren (n-dimensionale Wirkungsgefüge) (CERNUSCA 1973), so daß nur wenige Parameter meßtechnisch zu erfassen waren. Innerhalb der Stadt wurden in erster Linie Temperaturmessungen durchgeführt. An insgesamt 12 Standorten (Karte 10) wurden in einem Zeitraum von mehr als 8 Tagen die Minimum- und Maximumtemperaturen gemessen, wobei die Thermometer ("System Müller") in 150 cm über dem Boden aufgehängt und so abgedeckt wurden, daß sie nicht der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt waren. Jeweils um 8^{00} und um 20^{00} Uhr wurden die Temperaturen abgelesen und die Werte in eine Tabelle eingetragen[1]. An strahlungsreichen Hochdrucktagen und in 2 Nächten wurden außerdem noch Meßfahrten unter-

[1] Ohne die Hilfe von Mitbürgern wäre dies nicht möglich gewesen.

nommen und dabei jeweils ein West-Ost- und ein Nord-Südprofil gelegt. Folgende Faktoren wurden dabei erfasst:

1. die Lufttemperatur:

Sie wurde am "trockenen" Thermometer des Aspirations-Psychrometers nach "ASSMANN" abgelesen und ist eine Kenngröße der relativen Luftfeuchte (U).

2. die relative Luftfeuchte:

Sie ist das Gewichtsverhältnis in % des vorhandenen Wasserdampfes zu der möglichen Höchstmenge (100%) bei einer momentan herrschenden Temperatur. Bei gleichbleibender absoluter Feuchte (= Gewicht des vorhandenen Wasserdampfes in gr/m^3) ist die relative Feuchte von der Temperatur abhängig. WALTER (1931) wies auf die große Bedeutung der relativen Luftfeuchte für die "Hydratur" der Pflanzen hin. Mit der Aspirations-Psychrometer-Tafel nach "SONNTAG" (1952) wurde die relative Luftfeuchte (U) bestimmt.

3. Windgeschwindigkeit und -richtung:

Die Windgeschwindigkeit wurde mit einem Flügelradanemometer in m/min. gemessen, während die Windrichtung mit einem einfachen Windfähnchen festgestellt wurde.

3. Das Untersuchungsgebiet

3.1. Naturräumliche Gegebenheiten

3.1.1. Die geographische Lage

Zur Angabe der "Geographischen Lage[1]" der Stadt Saarbrücken sollen die Koordinaten des Rathauses dienen. Die Gauß-Krüger-Koordinaten[2] des Rathauseinganges sind R 2572,635 und H 5455,800, d.h. das Rathaus liegt 72,635 km östlich des 6.° östlicher Länge von Greenwich und 5455,8 km nördlich des Äquators. Die geographischen Koordinaten werden im Statistischen Jahrbuch der Stadt Saarbrücken (1966-72) mit 49°14' nördlicher Breite und 7° östlicher Länge von Greenwich angegeben. Damit liegt Saarbrücken auf derselben Länge wie z.B. Wuppertal und Montreux und derselben Breite wie Reims oder Brno.
Die längste Ost-West-Ausdehnung der Stadt beträgt nach Angaben des Statistischen Amtes 9,5 km "... vom Austritt des Echohüttenweges aus dem Stadtgebiet östlich der Universität (L/3)[3] bis zur Einmündung des Alsbaches in die Saar im Westen (A/5)". Die größte Nord-Süd-Ausdehnung beträgt rund 10 km von nordwestlich Bahnhof Neuhaus (F/1) bis zur südlichsten Spitze des Stiftswaldes (G/11). Die Gesamtlänge der Kernstadtgrenze beträgt 40,4 km, wovon 30,9 km (= 76,5%) auf die Grenze zum Landkreis Saarbrücken und 9,5 km (= 23,5%) auf die Staatsgrenze zum Nachbarstaat Frankreich entfallen. Die

---

[1] Alle Angaben beziehen sich auf die Grenzen der Kernstadt Saarbrücken vor der Gebietsreform vom 1.1. 1974.

[2] Entnommen der Deutschen Grundkarte 1:5000, Blatt 7254 Saarbrücken-St. Johann.

[3] Planquadratbezeichnung des Amtl. Stadtplanes 1: 10.000, der maßstäblich verkleinert in Karte 1 widergegeben ist.

Fläche der Kernstadt beträgt 5302,87 ha (Stat. Jb. 1966-72). Die Höhendifferenz (Δh) innerhalb des Stadtgebietes beträgt 192,1 m zwischen dem tiefsten Punkt am Saarufer östlich der Gersweiler Brücke mit 185,0 m NN (C/5) und dem höchsten Punkt, dem Schwarzenberg, mit 377,1 m NN (K/4).

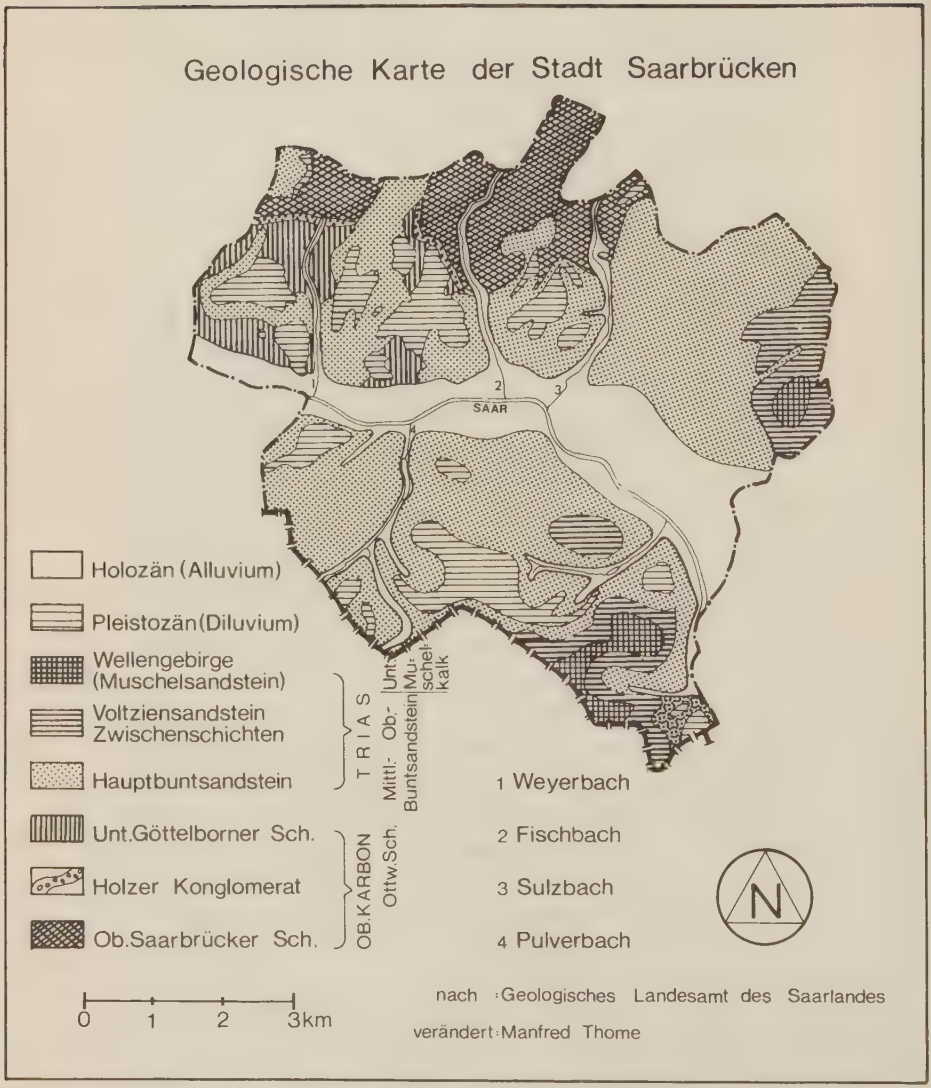
3.1.2. Geologische Verhältnisse

Der überwiegende Teil des Stadtgebietes gehört geologisch den Schichten der Buntsandsteinformation an (DRUMM 1929; CLOOS 1933; MATHIAS 1936, 1956,1974; REICHRATH 1937; MÜLLER 1954; GUTHÖRL 1955; GEOLOGISCHE KARTE DES SAARLANDES 1955; FISCHER 1956,1957; ALTMEYER 1960; KNEUPER 1960,1965; LIEDTKE 1963; MÜLLER 1965). Im Norden und Westen treten die älteren Schichten des Oberkarbon mit den "Unteren Göttelborner- " und "Oberen Saarbrücker-Schichten" zutage[1]. Das "Holzer Konglomerat" (JUNG 1952; RÜCKLIN 1955) als Basis der Ottweiler Schichten trennt diese nordwestlich des Weyerbaches und westlich des Fischbaches von den Saarbrücker Schichten. Es besteht aus einer mächtigen Schicht grober Gerölle. Von der Buntsandsteinformation bedeckt der "Mittlere- oder Hauptbuntsandstein" den überwiegenden Teil des Stadtgebietes, besonders im Nordosten Saarbrückens und südlich der Saar. Jedoch auch nördlich der Saar, zwischen Weyerbach und Sulzbach, steht er großflächig an. Die erhebliche Schicht-

[1] Vgl. Abbildung 1, Seite 34

Abbildung 1

(Quelle: Statistisches Jahrbuch der Stadt Saarbrücken 1966-72)



mächtigkeit und unterschiedliche Härte des Hauptbuntsandsteines führen zu einem sehr bewegten Relief (vgl. Abb. 2 u. 3). Dem Mittleren Buntsandstein liegt in den höheren Lagen des Schwarzenberges, Winterberges, Eschberges und den Hochlagen des Stiftswaldes der Obere Buntsandstein (= Voltziensandstein) auf. Durch ihn hat das Stadtgebiet im Süden noch Anteil am lothringischen Schichtstufenland.
Nur im Stiftswald, dem südöstlichen Teil des Stadtgebietes, und auf dem Eschberg im Osten liegt dem Voltziensandstein noch der Untere Muschelkalk (Muschelsandstein)[1] als nördlicher Ausläufer des lothringischen Schichtstufenlandes auf. Die diluvialen Schotter der Saar liegen in Form von Flußterrassen (Nieder-, Mittel- und Hauptterrasse)[2] vor (ZANDSTRA 1954b; FISCHER 1957; RIED 1958).
Schließlich finden sich noch jüngere, holozäne Auelehme entlang der Saar und der sich in sie ergießenden Nebenbäche.

3.1.3. Morphologische Verhältnisse

Die rezente morphologische Situation innerhalb des Stadtgebietes von Saarbrücken ist das Produkt aus erdgeschichtlicher Vergangenheit und den exo- und endogenen Wirkfaktoren. Hebungs- und Senkungsphasen sowie erosive Vorgänge ließen ein formenreiches Relief entstehen. Dank der leichten Ero-

---

[1] Vgl. Geologische Karte 1:25.000, bearbeitet von THEOBALD N. & SCHÖMER R.

[2] Vgl. Abbildung 2

dierbarkeit des Hauptbuntsandsteines konnte die Saar ein bis zu 4 km breites Talbecken ausräumen. Diese "Saarbrücker Talweitung" (SCHNEIDER 1972) ist ein " ... rings von bewaldeten Höhen umrahmtes und klimatisch begünstigtes, asymmetrisches Talbecken, das durch die Einmündungen zahlreicher Seitentäler mit den angrenzenden Räumen eng verzahnt ist: im Norden und Osten mit dem Saarkohlenwald und dem Saarbrücken-Kirkeler Wald, im Südosten mit den offenen Ackerebenen des Saar-Blies-Gaues, dem jenseits des Güdinger Saartals der Nied-Rossel-Gau gegenüberliegt mit dem bewaldeten Steilabfall der Spicherer Höhen. Über die Talweitung erheben sich im Süden isolierte Kuppen der angrenzenden Saarbrücken-Forbacher Senke" (Zit.: SCHNEIDER 1972, S. 108-109).
Die Saar tritt etwa 1 km nördlich der Güdinger-Brücke in das Stadtgebiet ein, fließt, von Süden kommend, auf einem Niveau von etwa 185-190 m NN nach Norden bis zur Einmündung des Fechinger Baches und biegt dann nach Nordwesten ab. Diese Richtung ändert sie unmittelbar unter der Luisenbrücke, fließt nun in westlicher Richtung und verläßt die Stadt in Höhe der Alsbach-Einmündung (vgl. Karte 1). Die Gesamtlänge des Saarverlaufes innerhalb der Stadtgrenzen beträgt 11,5 km (Stat. Jb. 1966-72). Ebenso wie die Saar haben sich auch ihre Nebenbäche, wenn auch aufgrund ihrer geringeren Dynamik weniger tief, in das Anstehende eingetalt, so daß das durchschnittliche Niveau der Zuflüsse nicht die 220 m NN-Grenze übersteigt. Auf der rechten Saarseite steigt das Gelände innerhalb der Talzone über mehrere Flußterrassen (HEMMER 1918; MATHIAS 1936; ZANDSTRA 1954; FISCHER 1957) stetig bis zu 225 m NN an, da gerade nördlich der Saar der leicht verwitterbare Untere Hauptbuntsandstein ansteht. Südlich der Saar fehlt diese ausgeprägte Terrassierung wegen des widerstandsfähigeren Oberen Hauptbuntsandsteines.

Abbildung 2 (Quelle: RIED 1958)

Westlich des Weyerbaches verengt sich das Saartal infolge der hier anstehenden erosionsresistenteren Karbonformationen auf wenige hundert Meter. Der gesamte Bereich nördlich der Saar läßt sich in vier Teilbereiche gliedern:[1]

1. zwischen Alsbach und Weyerbach:

Hier stehen zum größten Teil Schichten des Oberkarbon (Ottweiler- und Saarbrücker-Schichten) an. Das Gelände zwischen den beiden Bachläufen ist nach Südosten exponiert (Matzenberg) und steigt sanfthügelig von 200m NN (Grenze des Alluviums, vgl. Abb. 1) bis zu 300m NN im Nordwesten (Staatsforst B/2) an.

2. zwischen Weyerbach und Fischbach:

An der 200m-Isohypse im Süden stehen nur noch an einer Stelle (Gelände der Burbacher Hütte D/6) die Unteren Göttelborner Schichten des Karbon an. Ansonsten wird die Hauptmasse vom Hauptbuntsandstein eingenommen, dem großflächig noch diluviale Schotter aufgelagert sind. Erst im nördlichen Teil treten wieder die bewaldeten Karbonrücken des Saarkohlewaldes in das Stadtgebiet ein. Morphologisch ist der zweite Teilbereich dem ersten sehr ähnlich. Auch hier steigt der schmale Rücken zwischen Weyerbach und Fischbach von 200m in nordnordwestlicher Richtung langsam bis 300m NN an. Die Äquidistanzen sind relativ weit, so daß ein schwachwelliges Relief entsteht.

3. zwischen Fischbach und Sulzbach:

Hier fehlen im Süden die Karbonformationen, die erst nördlich des Wohngebietes Rodenhof (F/4) im Staatsforst in Form der Saarbrücker Schichten an die Oberfläche treten. Dem Hauptbuntsandstein im

---

[1] Vgl. Abbildung 2 u. 3

südlichen Bereich sind, wie auch beim vorigen Teilgebiet, diluviale Schotter (Rodenhofwohngebiet) aufgelagert. Das Niveau dieses Rückens liegt im Durchschnitt um etwa 20-25m tiefer als bei den übrigen Flächen. Das Relief erscheint bewegter, da sowohl der Fischbach als auch der Sulzbach ein markantes Tal geschaffen haben, beide Bachläufe dicht nebeneinanderliegen und nach Süden zur Mündung hin konvergieren. Das Gelände ist im Bereich des Buntsandsteines nach Südosten exponiert und geht dann nördlich des Wohngebietes in den nach Nordost streichenden Karbonrücken (Obere Saarbrücker Schichten) über.

4. zwischen Sulzbach und östlicher Stadtgrenze:

Dieser Teilbereich hat ein sehr bewegtes Relief. Nur noch an einer kleinen Stelle im Nordwesten (Wohngebiet Jägersfreude G-H/2) reichen die Saarbrücker Schichten in das Stadtgebiet herein. Östlich der Hauptstraße in Jägersfreude (zwischen Brefeld-, Achenbach- und Maybachstraße) lassen sich noch diluviale Schotter nachweisen. Südöstlich der Karbonschichten (Westphal Fettkohlengruppe) steigt das Gelände von 240m NN auf über 336m zum "Großen Homburg (336,7)" an. Geologisch haben wir es mit dem Unteren Hauptbuntsandstein zu tun, der leicht verwittert und etwa 1 km nordöstlich des Stuhlsatzenhausweges (im Staatsforst) in den Oberen Hauptbuntsandstein übergeht. Vom Schichtübergang fällt das Gelände nach Südosten auf ein Niveau von 210-240m hin ab (Meerwiesertal- bzw. Stuhlsatzenhausweg). Südlich des Talgrundes steigt das Gelände bis zum Schwarzenberg (376,9m) kontinuierlich an. In etwa 320-325m streicht in geringer Mächtigkeit das Hauptkonglomerat aus, das den Oberen Hauptbuntsandstein von den härteren Zwischenschichten und dem Voltziensandstein trennt. Auf dem Eschberg

im Osten liegt dem Voltziensandstein der Muschelsandstein (Unterer Muschelkalk) auf, der eine nach Südosten geneigte Platte bildet. Schwarzenberg (376,9), Eschberg (345,6) und Kaninchenberg (265,8) sind durch markante Erosionsrinnen voneinander getrennt. Im Süden dieses Teilbereiches konnte die Saar ihr Tal sehr breit ausräumen und einen regelrechten Talkessel bilden. Auf die Morphologie der Schuttfächer der seitlichen Erosionstäler und Terrassenflächen und deren Diskussion kann hier nicht eingegangen werden (vgl. HEMMER 1918; RÜCKLIN 1935; MATHIAS 1936,1952; THEOBALD 1950,1952; FISCHER 1952,1957; VOGT 1953; THEOBALD & FISCHER 1953; SANDSTRA 1954b).

Der Gebietskomplex südlich der Saar ist sowohl geologisch als auch morphologisch wesentlich homogener als der nördliche. Ihn kann man in drei Teilgebiete gliedern:

1. zwischen Willerbach und Pulverbach:

Die bewaldete Obere Hauptbuntsandsteinformation (Stadtwald) steigt südwestlich der Saar und der E 42 als relativ steiler Prallhang von 187m auf 230m NN an. Die sich nach Südosten hin anschließende "Hochfläche" hat eine geringe Dynamik. Das Durchschnittsniveau beträgt 255m, wobei lediglich einzelne Kuppen aus härterem Sandstein über die 280m Grenze hinausragen. Auch die Talformen sind nur schwach ausgeprägt. Nach Ost-Südost neigt sich das Gelände langsam zum Deutschmühlental auf ein Niveau von 200m NN.

2. zwischen Deutschmühlental und St.Arnualer-Weiher-Wiesen-Tal:

Auch dieser Teilraum besteht, wie der erste zwischen Willerbach und Deutschmühlental, vornehmlich aus der Formation des Oberen Hauptbuntsandsteines. Triller (3/6), Beppersberg (3/7) und Winterberg (3/7-8)

Abbildung 4: (Quelle: RIED 1988)

bilden eine deutlich ausgeprägte Stufe, die sehr steil vom Flußniveau der Saar auf über 250m NN ansteigt. Von den vorgenannten "Bergen" trägt nur noch der Winterberg (301,9) als höchster eine Kappe des harten Voltziensandsteines. Durch die Erosionstäler (entlang der Spichererberg- und Feldmannstr.), die tief in die Stufe eingesenkt sind, entsteht ein sehr bewegtes Relief, das sich nach Südosten zu einem breiten Tal zwischen den Spicherer-Höhen und den genannten Bergrücken absenkt. Dieses Tal, das von pleistozänen Schottern angefüllt ist und dessen Niveau bei etwa 200m liegt, biegt, von Norden (entlang der Julius-Kiefer-Str.) kommend, nach Westen ab und ist bis weit nach Frankreich (Forbach) hinein zu verfolgen. Über die Entstehung dieses breiten Talraumes finden sich in der Literatur widersprüchliche Auffassungen. Einmal soll die Saar (GREBE 1887; WERWEKE 1906; RÜCKLIN 1935), zum anderen die Rossel von Westen kommend (CAPOT-REY 1934; MATHIAS 1936) dieses Tal geschaffen haben. Eine dritte Auffassung (THEOBALD 1952; RIED 1958) führt die Talentstehung auf das Vorhandensein zahlreicher kleiner Wasserläufe, die unter periglazialen Bedingungen (im klimamorphologischen Sinne) diesen Talraum geschaffen haben, zurück. Die Diskussion zur Entstehung des Talraumes soll hier jedoch nicht geführt werden. Südlich dieses Tales, unmittelbar an der Staatsgrenze nach Frankreich, steigt dann das Gelände sehr steil zu der mächtigen Stufe des Voltziensandsteines auf.

3. zwischen St. Arnualer-Weiher-Wiesen-Tal[1] und dem Saartal im Osten:

In diesen letzten Teilbereich im Südosten der Stadt

[1] Dieser Terminus geht auf Auskunft von Herrn Klein (Stadtvermessungsamt) zurück. Auch bei BAUER (1955) findet sich kein zusammenfassender Begriff für den gesamten Talabschnitt, sondern nur streng lokale Flurbezeichnungen.

ragt die erste Stufe des lothringischen Schichtstufenlandes mit dem harten Voltziensandstein weit in den Saarbrücker Stadtraum hinein. Aus dem Tal (im Almet G/9) von 200-210m NN steigen Stirn- und Trauffläche steil bis auf über 300m (TP im Pfaffenwald 347,8m G/10) an. Die sich oben anschließende Landterrasse ist eine relativ flache Hochfläche (Stiftswald). Hier läuft der dem Voltziensandstein aufliegende Muschelsandstein der Muschelkalkformation aus. Der Stiftswald endet im Osten in einer bizarren Steilwand, die von 300m NN fast senkrecht bis auf 220m NN abbricht und dann in einen Steilhang (Δh=40m) übergeht, der einen Prallhang der Saar (bis zur Zeit der Saarkanalisierung) darstellt.

3.1.4. Klimatische Verhältnisse

Alexander von HUMBOLDT definiert Klima wie folgt: "Das Wort Klima umfaßt in seiner allgemeinen Bedeutung alle Veränderungen in der Atmosphäre, von denen unsere Organe merklich affiziert werden; solche sind: die Temperatur, die Feuchtigkeit, die Veränderungen des barometrischen Druckes, der ruhige Luftzustand oder die Wirkungen ungleichnamiger Winde, die Ladung oder die Größe der elektrischen Spannung, die Reinheit der Atmosphäre oder ihre Vermengung mit mehr oder minder ungesunden Gasaushauchungen, endlich der Grad eigentümlicher Durchsichtigkeit oder die Heiterkeit des Himmels, welche durch den Einfluß, den sie nicht allein auf die Ausstrahlung des Bodens, auf die Entwicklung des pflanzlichen Organismus und die Zeitigung der Früchte, sondern auch auf sämtliche Eindrücke ausübt, die die Seele vermittels der Sinne in den verschiedensten Zonen aufnimmt, so wichtig ist". (Zit.: aus HEYER 1972 S.9).

Dieser dem Zeitgeist entsprechend langen, aber durchaus modernen Definition ist nichts hinzuzufügen.

Aufgrund ihrer geographischen Lage ist die Stadt Saarbrücken makroklimatisch dem atlantisch gefärbten Klimatypus zuzurechnen. Die zyklonale Westwindsituation gestaltet unsre Witterung recht veränderlich. Die westlichen Winde bedingen ausreichende Niederschläge und die stabilen kontinentalen Hochdruckperioden im Osten bringen im Hochsommer trocken heiße und im Winter trocken kalte Witterungsperioden. Die makroklimatische Situation wird in und über einer Stadt mehr oder weniger stark modifiziert (FLACH & WÜRFEL 1952; EMONDS 1954; UHLIG 1954; KRATZER 1956; ERIKSEN 1964,1964a; BJELANOVIC 1967; DRONIA 1967; REIDAT 1969; DICKEL 1970; BACH 1971), so daß ein spezifisches "Mesoklima" (SCAETTA 1935) entsteht (je nach Stadttyp, Orographie, Emissionsbelastung, Makroklima etc.), das sich wiederum mosaikartig aus zahlreichen "Mikroklimaten" (STRANZ 1949; DIRMHIRN 1952; BANGERL & STEINHAUSER 1959; BERG 1959; GEIGER 1961; ERIKSEN 1971; GERICKE 1971) zusammensetzt.

Niederschlagsverhältnisse:[1]

Der Jahresgesamtniederschlag in mm beträgt im Mittel (1961-1974) 770 mm (vgl. Abb. 4, S. 45) bei einer Meereshöhe von 189 m NN (Von der Heydt mit 280m NN hat bereits 797 mm Jahresniederschlag). Diese im Vergleich zum übrigen Saarland relativ geringen Werte (vgl. Abb. 6, S. 46) erklären sich durch die Lee-Lage zum Lothringischen Stufenland. Die geringsten Monatswerte im 10-jährigen Mittel (1966-1975) weisen die Monate März, Januar und April, die

[1] Für die Überlassung der Klimadaten sei Herrn Reg.Dir. E. Zewe (Flugwetterwarte Ensheim) gedankt.

Abbildung 4:

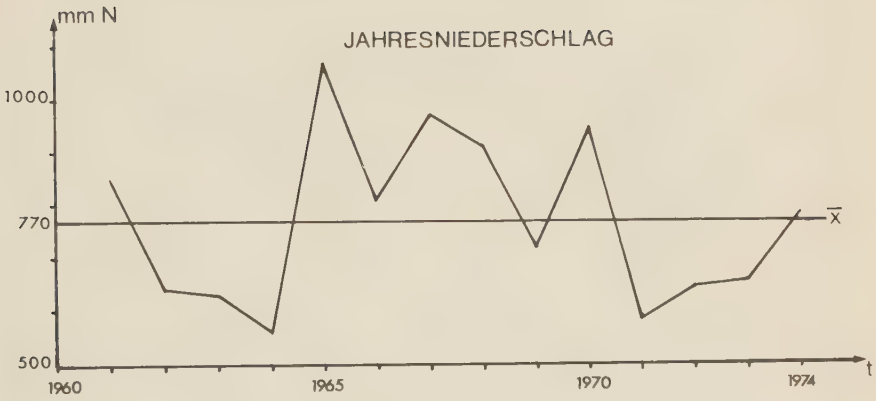
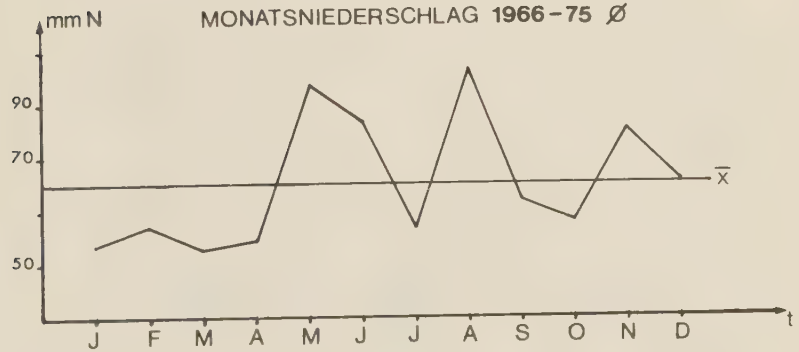


Abbildung 5:



(Quellen zu Abb. 4 u. 5: SORG 1965; Statistisches Jahrbuch 1966-72; Daten der Flugwetterwarte Ensheim)

(Quelle: WAGNER 1965)

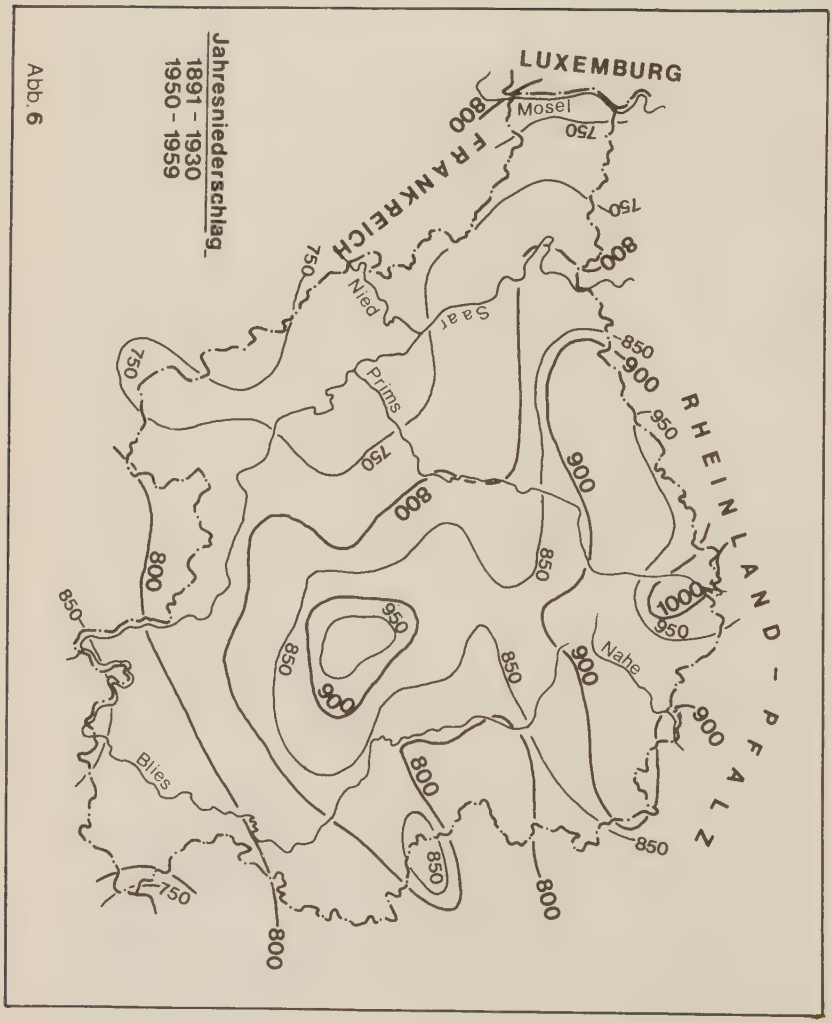


Abb. 6

höchsten Werte die Monate August, Mai und Juni auf (vgl. Abb. 5, S. 45).

Windverhältnisse:

SORG (1965) errechnete den mittleren Luftdruck der Jahre 1948-58 auf 763,2 mm Hg (reduziert auf NN). Die Ozeanität des Klimas drückt sich so aus, daß die höchsten Drucke nicht im Januar, sondern erst zur Zeit der Hochdrucksingularität ("Altweibersommer") im September und Oktober zu verzeichnen sind:

Monat:	J	F	M	A	M	J
mm Hg:	762,6	762,0	762,9	762,6	762,8	763,3
Monat:	J	A	S	O	N	D
mm Hg:	763,5	762,7	764,0	765,0	763,7	763,4

Die von SORG errechneten Werte der Jahreswindverteilung[1] der Station St. Arnual von 1948-1960 erbrachten für die acht Hauptwindrichtungen folgende Ergebnisse:

Tabelle 3: Jahresmittel der Windverteilung der Station St. Arnual[2] (Quelle: SORG 1965)

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
4,5	7,1	6,5	11,1	12,4	10,5	11,9	5,6	21,4
1,7	1,9	2,0	1,6	2,0	2,1	2,1	2,0	
4,9	7,8	7,1	12,2	13,6	11,5	12,9	6,2	23,4

Die durchschnittliche Windverteilung in den vier Jahreszeiten gibt die Abbildung 7 (S. 48) wider.

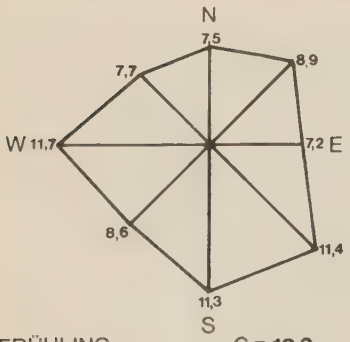
---

[1] Die Werte beruhen auf Messungen der Tagestermine 7,30; 14,30 und 21,30 Uhr.

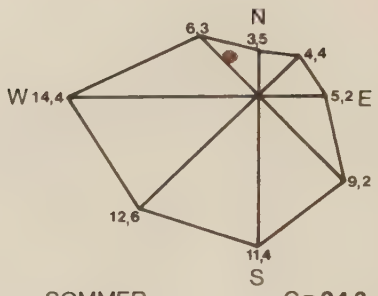
[2] Zeile 1 = Hauptwindrichtungen; C = Calmen
Zeile 2 = monatlicher Anteil
Zeile 3 = mittlere Windstärke m/sek.
Zeile 4 = prozentualer Anteil

Abbildung 7: (Quelle: SORG 1965)

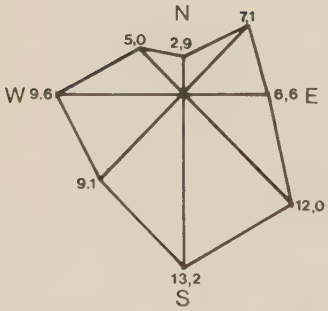
WINDVERTEILUNG SAARBRÜCKEN-St. ARNUAL



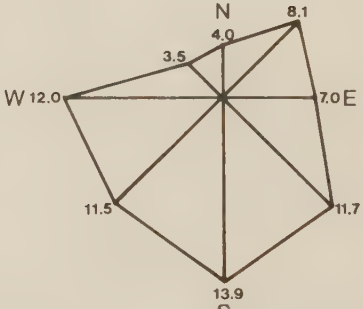
FRÜHLING C = **18,3**



SOMMER C = **24,3**



HERBST C = **26,1**



WINTER C = **16,9**

JAHRESMITTEL

C = **21,4**

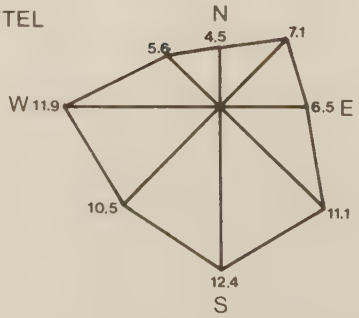


Abbildung 7 zeigt, daß im Saarbrücker Talkessel zahlreiche Windstillen auftreten (C=21,4 gegenüber 4,1 von Berus oder 2,8 am Schaumberg), die durch die Kessellage (vgl. Abb. 3) bedingt sind. Diese hohe Calmenzahl wirkt sich insofern ungünstig aus, als sich im Saartal die Hauptmasse der Emittenten befindet (vgl. Kap. 3.2.2.). Die Windrichtungsverteilung, bei der die Richtungen Südost bis West eindeutig dominieren, ist von orographischen Gegebenheiten (vgl. Abb. 2) abhängig.

Temperaturverhältnisse:

Die Jahresdurchschnittstemperatur ist eng an die Höhenlage und die geographische Breite gebunden. Bei den Temperaturverhältnissen wirkt sich, im Gegensatz zu den Windverhältnissen, die Kessellage der Stadt günstig aus. SORG (1965) ermittelte für Saarbrücken-St. Arnual eine Jahresdurchschnittstemperatur von 9,8°C (1947-1966). Wenn man die Werte bis 1974 dazuaddiert und mittelt, kommt man gar auf 9,92°C. Die Abbildung 8 zeigt deutlich, daß auch im Winter die Monatsmittel über dem Gefrierpunkt liegen. Hierfür sind zwei Faktoren entscheidend, nämlich einmal die günstige Tallage und zum andern die durch Wärmeeinleiter erheblich aufgeheizte Saar, die im engen Talraum ein spezifisches Mikroklima entstehen läßt. Die wärmsten Monate sind der Juli mit 18,3°C und der August mit 17,2°C (ø). Relativ wichtig zur Beurteilung der klimatischen Verhältnisse ist die Betrachtung der "besonderen" Tage, die von SORG seit 1947 bis 1961 erfaßt und vom Verfasser bis 1974 ergänzt wurden. Dem Vergleich zur Talstation St. Arnual (189m NN) soll die Station Berus (364m NN) dienen (vgl. Tabelle 4, S. 51). SORG konnte feststellen, daß die Sommertage in den Tallagen schon im April auftreten und bis zum Oktober andauern, während sie jedoch in den höheren Lagen bereits nicht

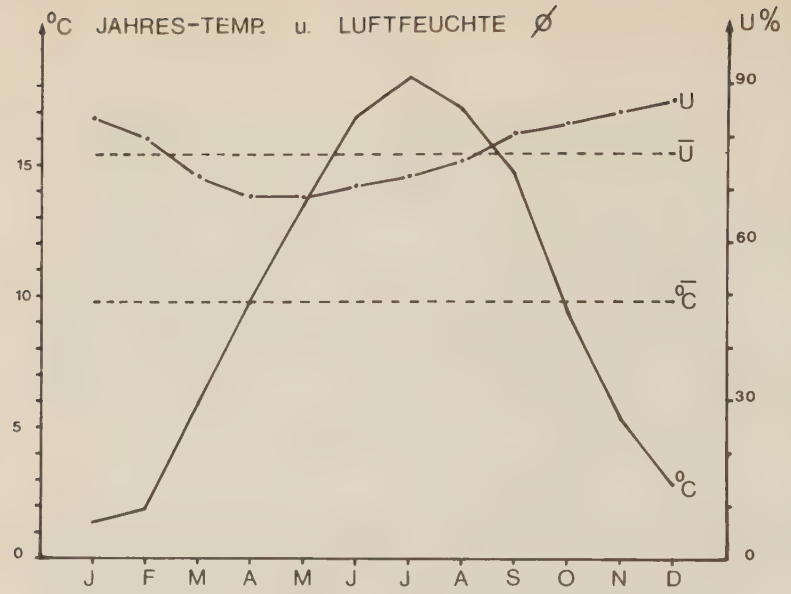


Abb. **8**

(Quellen zu Abb. 8 u. 9: SORG 1965; Wetterwarte Ensheim)

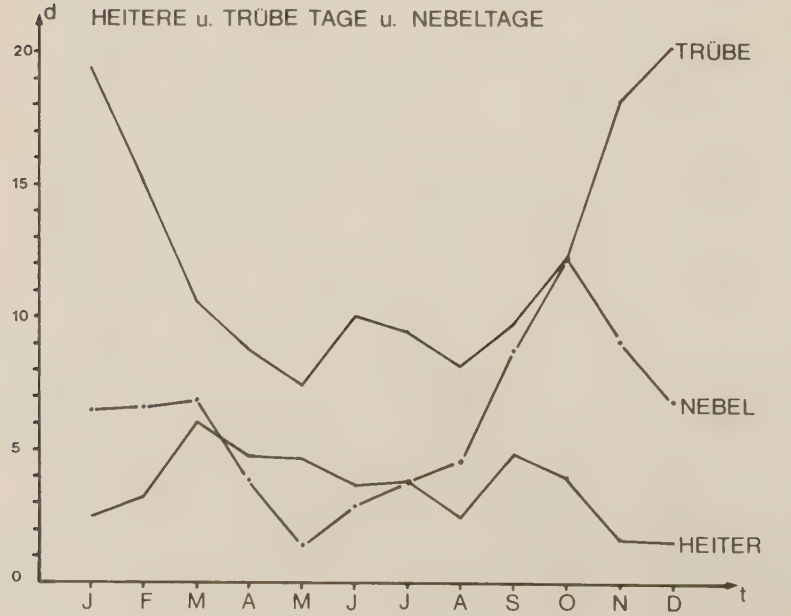


Abb. **9**

mehr feststellbar sind. Die hohe Zahl der Frosttage erklärt sich durch die Kaltluftströme bei winterlichen Hochdrucklagen in den Talkessel als Sammelbecken. Dies konnte auch durch eigene Meßfahrten im Winter 1974/75 an der Reifverteilung festgestellt werden (vgl. Kap. 4.7.).

Tabelle 4: Besondere Tage der Station St. Arnual im Vergleich mit der Station Berus (in Klammern)

Eistage	Maximum unter 0,0°C	: 18,3	(21,5)
Frosttage	Minimum unter 0,0°C	: 65,0	(76,9)
Sommertage	Maximum 25°C u. mehr	: 36,0	(24,4)
Heiße Tage	Maximum 30°C u. mehr	: 6,0	(2,8)

Luftfeuchte:

Die relative Luftfeuchte (U in %) ist eng mit der Temperatur und der Höhenlage korreliert. Sie verläuft ungefähr umgekehrt proportional zur Temperatur und zeigt wie diese einen deutlichen Jahresgang (vgl. Abb. 8). Die kontinentalen Hochdrucklagen mit temperierten, trockenen Luftmassen lassen die relative Luftfeuchte im April und Mai auf den Tiefststand sinken. Ab Juli nehmen dann die Werte sukzessive zu und erreichen im Dezember und Januar die höchsten Werte. Daß diese Werte immer nur für eine Station gelten und nicht unbedingt auf den gesamten Stadtraum übertragbar sind, versteht sich von selbst. Gerade in Bezug auf relative Luftfeuchte, Temperatur, Windgeschwindigkeit und Windrichtung herrschen je nach Standortverhältnissen meist erhebliche Unterschiede.

Bewölkung, Nebel und Strahlung:

Die Bewölkung, die bis 1970 in Zehntel (10/10 = ganz bedeckt) der Himmelsbedeckung über dem Standort angegeben wurde, wird seit 1971 in Achteln aus-

gedrückt. Man muß sich darüber im klaren sein, daß es sich bei der Bonitierung um eine subjektive Beobachtungsaussage handelt. Dennoch spielt gerade die Bewölkung in der Stadtklimatologie eine große Rolle (BIDER 1940; SUNDBORG 1951; KOCH 1970; LANDSBERG 1974). In Bezug auf die Bewölkung ändern sich die Werte von SORG (von 1948-61) bis 1974 nicht wesentlich. Die Bewölkungsverhältnisse von Saarbrücken und Berus (zum Vergleich) zeigt folgende Tabelle (nach SORG 1965;):

Tabelle 5: Bewölkungsverhältnisse der Stationen Saarbrücken und Berus (in Klammern)

Monat	J	F	M	A
Bewölkung:	7,8 (8,0)	7,2 (6,9)	5,8 (5,9)	5,6 (5,9)
M	J	J	A	S
5,6 (5,7)	6,2 (6,2)	5,9 (5,9)	6,1 (5,9)	5,9 (5,8)
O	N	D		
6,4 (6,0)	7,8 (7,8)	8,0 (8,0)		

Je nach Bewölkungsgrad lassen sich "heitere" ($\bar{x}$ <2,0) und "trübe" ($\bar{x}$ 8,0 und mehr) Tage unterscheiden (vgl. Abb. 9). Wenn man den Jahressummenwert der heiteren (43,4) und trüben (149,6) Tage von Saarbrücken mit einer anderen Talstation (z.B. Besch mit 43,7 und 132,9) vergleicht (SORG 1965), so fällt die hohe Zahl der trüben Tage von Saarbrücken auf. Nicht zuletzt spielt auch hier die starke Emissionsbelastung des Talraumes eine entscheidende Rolle. Auch die Anzahl der Nebeltage (Sicht unter 1000m) von 73,5 (nach SORG 1965) im langjährigen Mittel scheint sich zu bestätigen, aber nur dann, wenn man die extrem nebelarmen Jahre von 1963-66 aus der Rechnung ausklammert. Die hohe Nebelhäufigkeit (vgl. Abb. 9) wird durch die emissionsbedingte Anhäufung von Kondensationskernen in der Luft hervorgerufen. Die relativ großen Wasserflächen im Saarbrücker Tal-

raum sorgen zudem für die nötige Feuchtigkeit. Die Strahlung hängt von zahlreichen Faktoren ab, als da sind: Bewölkung, geographische Lage, Jahreszeit und Orographie. SORG (1965) ermittelte nach einer 22-jährigen Meßreihe für Saarbrücken eine Sonnenscheindauer von 1673 Stunden (Schaumberg 1908 Std.). Nach dem Mittel der letzten dreizehn Jahre erhält man jedoch nur noch einen Wert von etwa 1520 Stunden. Dies mag in erster Linie an witterungsbedingten Faktoren liegen, sicherlich spielen jedoch auch die anthropogenen Einflüsse eine große Rolle (MARTEN 1926; GRUNDMANN 1933; KRATZER 1956; TERJUNG 1970; ATWATER 1971), denn an entsprechenden Tagen ist vom Schwarzenbergturm die "Dunsthaube" über Saarbrücken sehr gut zu beobachten.

Inversionen:

Die geschützte Tallage Saarbrückens mit einer relativ starken Bebauung hemmt und variiert natürlich die innerstädtischen Windbewegungen und die horizontalen und vertikalen Durchmischungsprozesse (KRATZER 1956; GEORGII 1963; BLÜTHGEN 1966; MÜLLER 1972,1972a). Durch das Abfließen von Kaltluft der benachbarten Höhen (Spicherer Höhen, Stadtwald und Staatswald) bilden sich sogenannte "Inversionen" mit stagnierenden Kaltluftmassen im bodennahen Bereich aus. Diese austauscharmen Witterungssituationen verursachen, bei gleichbleibender Produktionstätigkeit der ortsansässigen Industrien, einen raschen Anstieg der Aerosole, die oft um ein Mehrfaches den normalen Emissionswert übertreffen. Zum Glück haben wir es in Saarbrücken fast nur mit kurzandauernden (wenige Stunden) Bodeninversionen (FELDMANN 1965) zu tun, die sich nicht höher als 200 m über dem Erdboden befinden. Durch die mittägliche, verstärkte Insolation lösen sich diese Inversionen jedoch meist bald wieder auf. Nur an wenigen Tagen

im Jahr, bei sehr stabilen Wetterlagen mit geringer Windbewegung, bilden sich Inversionen bis zu 500 m über dem Erdboden, die dann jedoch wesentlich stabiler sind und mehr als 24 Stunden andauern. Eine Aufstellung der Inversionswerte gibt folgende Tabelle (nach Auskunft von Herrn Reg. Dir. ZEWE, Flugwetterwarte) wider:

Tabelle 6: Jahreszeitenmittelwerte von Inversionswetterlagen der Jahre 1970 bis 1975

Jahreszeit	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Monate	D - F	M - M	J - A	S - N
Kurzzeitinv.	16,6	37,8	53,2	34,6
Langzeitinv.	17,2	0,2	0,0	6,2

3.1.5. Vegetationsverhältnisse

Das Vorkommen einer Pflanzenart an einer bestimmten Erdstelle ist von ihrer genetischen Struktur und den sogenannten "Standortsfaktoren" abhängig. Der ursprünglich nur auf eine Pflanze (Individuum) oder Pflanzenart bezogene Standortsbegriff (HEER 1835; SENDTNER 1854; WARMING & GRAEBNER 1933) wird in der neueren Literatur weiter gefaßt (SJÖRS 1948; BRAUN-BLANQUET 1964; SCHMITHÜSEN 1968). Die Definition des Standortes impliziert neben der rein realen Feststellung des rezenten Istzustandes die präsumtive "potentielle Lebensstätte","also eine Qualität, die ein Ort des Geländes besitzt, unabhängig davon, ob er mit Pflanzen bestanden ist oder nicht" (SCHMITHÜSEN 1968, S. 126). Damit rückt der Standortsbegriff per definitionem in unmittelbare Nähe des "ökologischen Umweltbegriffes"(THIENEMANN

1941,1956) und wird mit diesem oft homologisiert, was nicht selten zu Mißverständnissen führt. Die Standortsfaktoren (klimatische, edaphische und biotische) bedingen das Vorkommen oder Fehlen einer Art je nach deren "ökologischer Valenz". Mit pflanzensoziologischen Aufnahmen (SCHMITHÜSEN 1934,1935, 1942,1950; BRAUN-BLANQUET 1964) können die tatsächlichen, aber auch potentiellen Gesellschaften am besten erfaßt werden. Die Artenzusammensetzung (Artgefüge) läßt dabei Schlüsse auf die Faktorensynergie des Standortes zu. In Anbetracht der Schwierigkeit, die Wirkfaktoren zu isolieren, bietet die Pflanzensoziologie zum mindesten die Möglichkeit, Änderungen im Wirkgefüge durch spez. Assoziationen zu qualifizieren (Dominanten, Kennarten, Trennarten usw.).
Die Flora des Saarbrücker Raumes repräsentiert weniger den "atlantischen" (z.B. Ilex aquifolium) als vielmehr den "subatlantischen" Klimatypus (z.B. Hedera helix, Luzula silvatica, Senecio fuchsii u.a.m.). Zur Charakterisierung der Vegetationsverhältnisse wurden mehr oder weniger typische Aufnahmen[1] gewählt:

Vegetationsaufnahme Nr. 1:

Meßtischblatt 6708 St.Johann (257430/546184)
Höhe über NN : 195m
Exposition: ebene Fläche
Neigung: 0°
Größe der Aufnahmefläche: 100 m^2
Gesamtdeckung: 70%
Aufnahmedatum: 6.5.1972
Hauptbuntsandstein (sm); sandiges Brachland; Hackfruchtgesellschaft; Veronico-Fumarietum

---

[1] Für die freundliche Unterstützung, die Bereitstellung von Material und wertvolle Hinweise sei Herrn Dr. E. SAUER herzlich gedankt.

Krautschicht:

Veronica persica	3.3
Arabidopsis thaliana	1.2
Veronica arvensis	1.2.
Stellaria media	2.2
Lamium amplexicaule	+.2
Sonchus oleraceus	+.1
Geranium dissectum	+.1
Lamium purpureum	1.2
Euphorbia helioscopia	+.1
Vicia angustifolia	+.1
Taraxacum officinale	+.1
Valerianella locusta	1.2
Capsella bursa-pastoris	2.2
Senecio vulgaris	+.2
Veronica triloba	+.2
Matricaria discoidea	+.2
Cerastium glomeratum	+.2
Cirsium arvense	+.2
Urtica dioica	r
Fumaria officinalis	+.2
Rorippa sylvestris	1.2
Ranunculus repens	+.1
Sonchus arvensis	+.1
Erodium cicutarium	+.1

Vegetationsaufnahme Nr. 2:

Meßtischblatt 6708 St.Johann (257316/545308)
Höhe über NN : 240 m
Exposition: Nordwest
Neigung: 25°
Größe der Aufnahmefläche: 400 m^2
Gesamtdeckung: Baumschicht 80%, Strauchschicht<1%,
Krautschicht 20%, Bodenschicht <1%
Aufnahmedatum: 26.5.1962
St. Arnualer Stiftswald; Hang nach NO in dem kleinen

Seitentälchen (Autobahn nach Forbach); mittelgründiger Buntsandsteinhangschutt; Luzulo-Fagetum

---

Baumschicht:

Fagus silvatica	5.5

Strauchschicht:

Fagus silvatica	+.1
Prunus avium	r.1
Sorbus aucuparia	r.1

Krautschicht:

Fagus silvatica juv.	1.2
Luzula albida	2.2
Avenella flexuosa	2.2
Oxalis acetosella	1.2
Poa nemoralis	1.3
Hieracium silvaticum	+.2
Hieracium lachenalii	+.2
Milium effusum	+.2
Mycelis muralis	+.2
Epilobium montanum	+.2
Maianthemum bifolium	+.2
Quercus robur juv.	+.1
Scrophularia nodosa	r.1
Viola silvatica	r.1
Rubus idaeus	r.1
Dryopteris filix-mas	r.1

Bodenschicht:

Plagiothecium denticulatum	+.2
Mnium hornum	+.3
Hypnum cupressiforme	+.2
Polytrichum formosum	+.2
Lophocolea cuspidata	+.2

Dieser Wald kann als typisch für die Wälder im Bereich des Mittleren Buntsandstein angesehen werden.

Vegetationsaufnahme Nr. 3:

Meßtischblatt 6708 St. Johann (257400/545226)
Höhe über NN: 250 m
Exposition: Ost
Neigung: 20°
Größe der Aufnahmefläche: 400 m^2
Gesamtdeckung: Baumschicht 80%, Strauchschicht <1%,
Krautschicht 50%, Bodenschicht <1%
Aufnahmedatum: 26.5.1962
St. Arnualer Stiftswald; mittlerer Felsenweg; steiler, zeitweilig überrieselter Hang; degradierter Mull bis Moder; mäßig saurer Buchen-Mischwald; Melico-Fagetum

---

Baumschicht:	
Fagus silvatica	5.5
Strauchschicht:	
Tilia platyphyllos	+.2
Fraxinus excelsior	+.2
Fagus silvatica	+.2
Cornus sanguinea	r.1
Krautschicht:	
Festuca altissima	3.3
Melica uniflora	1.2
Prenanthes purpurea	1.2
Phyteuma nigrum	1.2
Circaea lutetiana	1.2
Luzula silvatica	+.2
Mycelis muralis	+.2
Dryopteris filix-mas	1.3
Scrophularia nodosa	+.2
Oxalis acetosella	+.2
Epilobium montanum	+.2
Viola silvatica	+.2
Anemone nemorosa	+.2
Milium effusum	+.2

Poa nemoralis	+.2
Geranium robertianum	+.2
Hieracium silvaticum	+.2
Vicia sepium	+.2
Castanea sativa juv.	+.1
Hedera helix	r.1
Athyrium filix-femina	r.1

Bodenschicht:

Brachythecium rutabulum	+.2

Diese Waldzusammensetzung ist typisch für die nährstoffreicheren Stellen des Oberen Buntsandsteines: ein ausgesprochenes Melico-Fagetum.

Vegetationsaufnahme Nr. 4:

Meßtischblatt 6706 Saarbrücken-West (257277/545371)
Höhe über NN: 240 m
Exposition: Süd
Neigung: 5^{o}
Größe der Aufnahmefläche: 15 m^2
Gesamtdeckung: Krautschicht 30%, Bodenschicht 40%
Aufnahmedatum: 26.5.1962
Südhang des Winterberges; Sandtrockenrasen auf Buntsandsteinfels

Krautschicht:

Valerianella carinata	2.2
Thymus pulegioides	2.3
Myosotis colina	1.2
Veronica arvensis	+.1
Cerastium semidecandrum	+.1
Arabidopsis thaliana	+.1
Sedum reflexum	1.2
Rumex acetosella	r.1
Hypericum perforatum	+.2

Hypochoeris radicata	+.1
Potentilla agentia	+.2
Bromus tectorum	+.1
Erophila verna	1.1
Poa angustifolia	+.2
Erodium cicutarium	+.2
Sedum telephium ssp. purpureum	(r)

Bodenschicht:

Rhacomitrium canescens	3.3
Brachythetium campestris	1.2
Barbula unguiculata	+.2
Polytrichum juniperinum	+.2

Vegetationsaufnahme Nr. 5:

Meßtischblatt 6708 St.Johann (257336/545340)
Höhe über NN: 245 m
Exposition: West
Neigung: 1^{o}
Größe der Aufnahmefläche: 100 m^2
Gesamtdeckung: Krautschicht 85%, Bodenschicht <1%
Aufnahmedatum: 26.5.1962
Trockene Fettwiese bei St. Arnual; Buntsandsteinverwitterungsboden auf Mittlerem Buntsandstein mit Hangschutt aus dem Oberen Buntsandstein; Dauco-Arrhenatheretum in einer etwas mageren Sandausbildung

---

Krautschicht:

Agrostis tenuis	3.3
Poa angustifolia	2.2
Dactylis glomerata	2.2
Arrhenatherum elatius	2.2
Holcus lanatus	1.2
Poa trivialis	+.2

Deschampsia caespitosa	r.1
Galium mollugo	2.2
Rumex acetosa	1.2
Ranunculus bulbosus	1.2
Veronica chamaedrys	1.3
Taraxacum officinale	+.2
Plantago lanceolata	+.2
Plantago media	+.2
Equisetum arvense	+.2
Ranunculus acris	+.2
Luzula campestris	+.2
Daucus carota	+.2
Saxifraga granulata	+.2
Hypochoeris radicata	+.1
Achillea millefolium	1.1
Agrimonia eupatoria	+.1
Trifolium repens	1.2
Lotus corniculatus	+.2
Vicia angustifolia	+.2
Bodenschicht:	
Mnium cuspidatum	+.2
Brachythecium spec.	1.2

Vegetationsaufnahme Nr. 6:

Meßtischblatt 6706 Saarbrücken-West (256934/545900)
Höhe über NN: 250 m
Exposition: Westnordwest
Neigung: 3-5°
Größe der Aufnahmefläche: 200 m^2
Gesamtdeckung: $Baumschicht_1$ (17-20m) 80%, $Baumschicht_2$ 30%, $Baumschicht_{1+2}$ 95%, Strauchschicht <1%, Krautschicht 15-20%, Bodenschicht <1%
Aufnahmedatum: 15.5.1968
Weyerbachtal bei Rastpfuhl; Hangstufe; mäßig frischer

Kohlenlehm; viel Laubstreu; Fagetum

Baumschicht$_1$:	
Fagus silvatica	5
Quercus petraea	+
Baumschicht$_2$:	
Fagus silvatica	2
Carpinus betulus	1
Strauchschicht:	
Fagus silvatica	+
Krautschicht:	
Anemone nemorosa	2
Brachypodium silvaticum	1
Oxalis acetosella	+
Lamiastrum montanum	2
Luzula silvatica	1.2
Phyteuma nigrum	+
Cardamine pratensis	+
Quercus petraea juv.	+
Carpinus betulus juv.	+
Fagus silvatica juv.	+
Luzula albida	+
Senecio fuchsii	+
Fragaria vesca	+
Viola reichenbachiana	+
Veronica officinalis	+
Mycelis muralis	+
Moehringia trinervia	+
Epilobium montanum	+
Hieracium silvaticum	+
Festuca altissima	+
Rubus idaeus	+
Avenella flexuosa	+
Sambucus racemosa juv.	r

Bodenschicht:

Atrichum undulatum	+
Mnium hornum	+

Bei dieser Aufnahme handelt es sich um ein nährstoffliebendes Fagetum außerhalb der Kalkbereiche. Es kann als Melico-Fagetum ohne Melica uniflora angesprochen werden. Melica uniflora kommt jedoch an anderen Stellen der näheren Umgebung vor.

Vegetationsaufnahme Nr. 7:

Meßtischblatt 6706 Saarbrücken-West (256930/545900)
Höhe über NN: 214 m
Exposition: West
Neigung 1°
Größe der Aufnahmefläche: 200 m^2
Gesamtdeckung: Baumschicht (15-17m) 50%, Strauchschicht 10%, Krautschicht 90%, Bodenschicht 20-30%
Aufnahmedatum: 15.5.1968
Weyerbachtal bei Rastpfuhl; bachbegleitender Eschen-Erlen-Wald; wechselnde Wasserversorgung; deutlich floristische Unterschiede in der Krautschicht, deshalb nicht ganz homogen; Carici-Remotae-Fraxinetum

---

Baumschicht:

Alnus glutinosa	3-4

Strauchschicht:

Alnus glutinosa	1
Frangula alnus	+
Fraxinus excelsior	+

Lianenschicht:

Solanum dulcamara	1

Krautschicht:

Carex pendula	2-3
Caltha palustris	1
Solanum dulcamara	2
Impatiens noli-tangere	2-3
Carex remota	2
Cardamine pratensis	1
Cardamine amara	1
Galium palustre	1
Circaea lutetiana	1
Anemone nemorosa	+
Brachypodium silvaticum	+
Lysimachia vulgaris	+
Senecio fuchsii	+
Oxalis acetosella	+
Ranunculus auricomus ssp.	+
Athyrium filix-femina	+
Viola reichenbachiana	+
Carex silvatica	+
Lysimachia nemorosa	1
Lamiastrum montanum	+
Rubus fruticosus	+
Glechoma hederaceum	+
Ranunculus repens	+
Geum urbanum	+
Cirsium palustre	+
Juncus effusus	+
Ranunculus vicaria	1
Angelica silvestris	+
Lycopus europaeus	+
Ajuga reptans	+

Bodenschicht:

Mnium undulatum	2
Mnium hornum	1
Acrocladium cuspidatum	2
Climacium dendroides	1

Eurhynchium Stokesii	+
Mnium punctatum	+
Brachythecium salebrosum	1

Diese Erlenwälder mit reichlicher Carex pendula sind typisch für die Wälder längs der Bachtälchen innerhalb des gesamten Kohlegebietes, sofern der Kohlelehm das Substrat bildet. Bei der Aufnahme handelt es sich um eine Alnus glutinosa-reiche, atlantische Ausbildungsform eines Carici-Remotae-Fraxinetum.

3.2. Wirtschaftsräumliche Gegebenheiten

Die naturräumlichen Gegebenheiten werden durch anthropogene Einflüsse stark beeinflußt. Die Großstadt Saarbrücken läßt sich als ein "urbanes oder städtisches Ökosystem" (MÜLLER 1972,1974) darstellen, in dem sowohl produziert als auch konsumiert und destruiert wird. Aus dem Wertigkeitsgefälle zwischen Produktion und Destruktion entsteht Belastung, die sich in luft-, boden- und wasserhygienischer Hinsicht an naturräumlichen Gegebenheiten nachweisen läßt. Entscheidend für die Qualität von Räumen ist die Belastung durch wirtschaftsräumliche Faktoren wie Bevölkerungsdichte, Bebauungsdichte, Industrie, Gewerbe, Verkehr, Landnutzung etc.. Die Belastbarkeit eines städtischen Ökosystems hängt von ..."der ökologischen Valenz und Stellenäquivalenz ihrer Mitglieder und der beeinflussenden Wirkung des Menschen" (Zit.: MÜLLER 1972, S. 123) ab. Dies impliziert, daß jedes räumliche Wirkungsgefüge nur im Rahmen seiner naturgesetzlichen Möglichkeiten (Klima, Geologie, Fauna, Flora, Mensch) belastbar ist. Die in den folgenden Kapiteln besprochenen wirtschaftsräumlichen Faktoren prägen im wesentlichen die derzeitige Raum-

qualität in Saarbrücken.

3.2.1. Bevölkerung und Bevölkerungsentwicklung

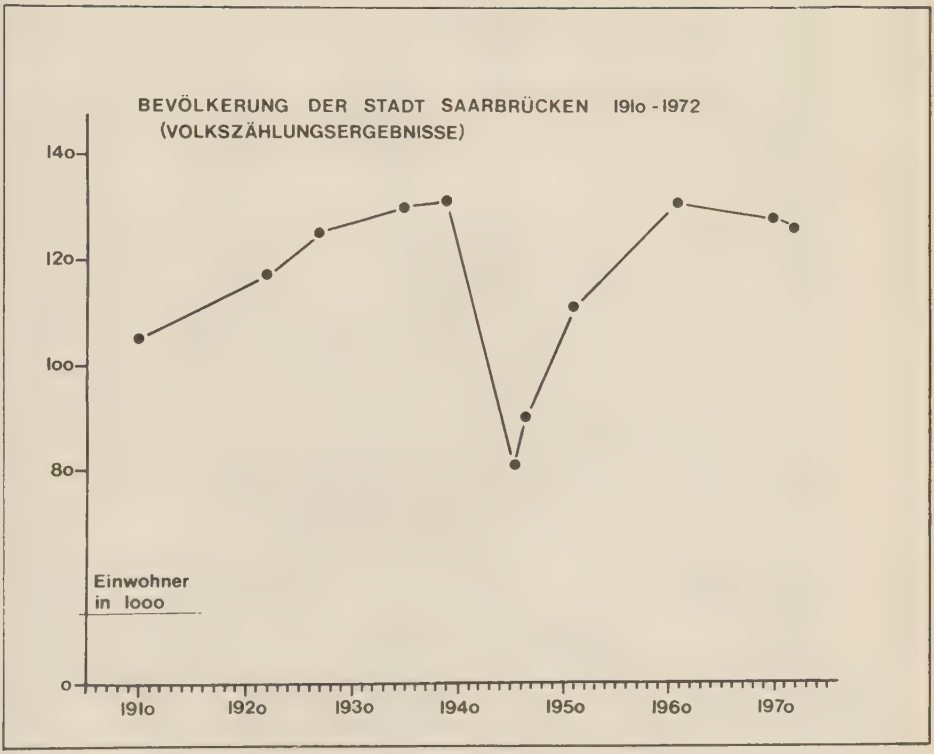
Die Siedlungs- und Funktionsentwicklung der Stadt Saarbrücken, von der Vor- und Frühgeschichte, über die Hofsiedlungen des frühen Mittelalters zur städtischen Funktion, bis zur Entwicklung des Stadtkörpers im 19. und 20. Jahrhundert finden sich sehr anschaulich bei RIED (1958) dargestellt.
Nach Angaben des Amtes für Statistik und Stadtforschung[1] (Stat. Jb. 1966-72) wuchs die Stadtbevölkerung von etwa 105.101 Einwohnern (Stand vom 1.12.1910)[2] auf 130.705 Einwohner (Stand vom 6.6. 1961) an, wobei die Einwohnerzahlen während der Kriegsjahre starken äußeren Einflüssen unterlagen und deshalb nicht berücksichtigt werden sollen (vgl. Abb. 10, S. 67). War seit Kriegsende bis in die späten 60iger Jahre noch ein progressives Bevölkerungswachstum zu verzeichnen, so macht sich seit den 70iger Jahren eine rückläufige Bevölkerungstendenz (Pillenknick) bemerkbar. Die fortgeschriebene Bevölkerung vom 31.12.1972 betrug im Gegensatz zur Zählung vom 6.6.1961 nur noch 126.002 Einwohner. Die steigende Zahl nach dem Kriege machte eine verstärkte Bautätigkeit notwendig. Neue Wohnsiedlungsgebiete entstanden(z.B. Eschberg, Rothenbühl, Homburg, Rastpfuhl, Winterberg u.a.). Die Tabelle 7 (S. 68) zeigt die Entwicklung von Wohngebäuden,

---

[1] Mein Dank gilt Herrn Verw. Dir. Dr. R. KÖSTER für die stets freundliche Unterstützung.

[2] Die ortsanwesende Bevölkerung wurde erfaßt, d.h. die Personen, die sich am Zähltag am Zählungsort aufgehalten hatten.

Abbildung 10:



(Quelle: Stat. Jahrbuch der Stadt Saarbrücken 1966-72)

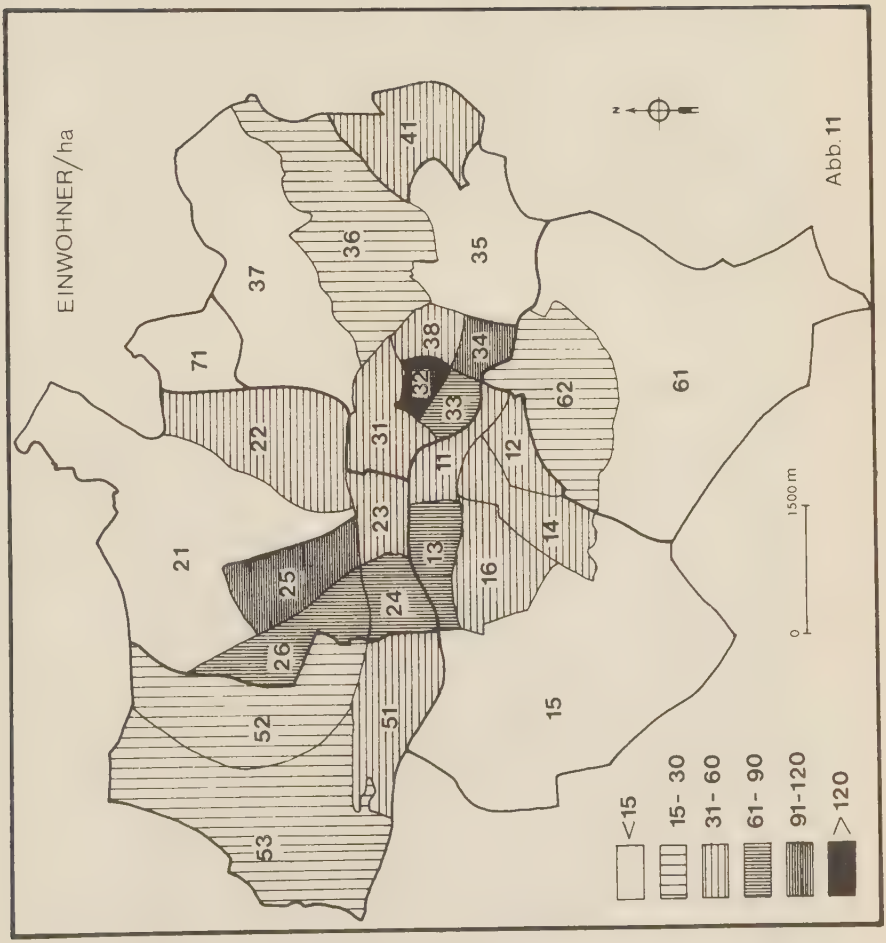
Wohnungen und Wohndichte von 1965-1972 (Stat. Jb. 1966-72).

Tabelle 7: Wohngebäude, Wohnungen und Wohndichte in den Jahren 1965 und 1972

Stadtteil	Wohngebäude	Wohnungen insgesamt	Wohndichte Pers./Wohnung
1965			
Alt-Saarbrücken	2386	8449	2,86
Malstatt-Rußhütte	3592	13006	2,78
St. Johann	3619	11615	2,95
Eschberg	423	1604	2,70
Burbach	2142	6830	2,96
St. Arnual	1360	3953	3,00
Jägersfreude	268	426	3,34
Gesamt:	13790	45883	2,89
1972			
Alt-Saarbrücken	2429	8817	2,45
Malstatt-Rußhütte	3796	14120	2,36
St. Johann	3768	12989	2,34
Eschberg	637	2479	2,89
Burbach	2169	7073	2,58
St. Arnual	1461	4301	2,75
Jägersfreude	270	433	2,62
Gesamt:	14530	50212	2,51

Dabei fällt auf, daß die Zahl der Wohngebäude um 5,4%, die Zahl der Wohnungen jedoch um 9,4%, also um fast das doppelte, gestiegen ist, während die Zahl der Wohnungen pro Wohngebäude um nur 3,9% gestiegen ist. Wenn man nun noch die Wohndichte mit einem Rückgang von rund 13% betrachtet, wird klar, daß die Wohnungen über eine größere Fläche expandieren und damit die flächenhafte Emissionsbelastung zunimmt. Die Abbildung 11 (S. 69) zeigt die Wohnbevölkerung pro Hektar in den einzelnen Stadt-

Abbildung 11:



(nach Angaben des Statistischen Amtes der Stadt Saarbrücken)

teilen und -bezirken (vgl. Tab. 14). In Abbildung 11 wird deutlich, wie stark die Wohnbevölkerung pro Flächeneinheit zum Talkessel hin zunimmt. Besonders ungünstig für die lufthygienische Situation im Stadtraum ist die Tatsache, daß vom Westen und Nordwesten kaum Frischluft zugeführt werden kann, da vor allem in den Wintermonaten großflächige Hausbrandemissionen der Wohngebiete Rastpfuhl (26, vgl. Abb. 11), Jenneweg (25), Breitestraße (24) und Malstatter Straße (13) auftreten.

3.2.2. Industrie und Gewerbe

Die Stadt Saarbrücken ist das Zentrum des saarländisch-lothringischen Kohlenreviers und hat sich in den letzten 100 Jahren aufgrund der reichlich vorhandenen Energieressourcen zu einer bedeutenden Industriestadt entwickelt, zumal sie durch ihre historische Vergangenheit schon im tertiären Sektor sehr bedeutend war. Durch die Industrie als Motor nahm jedoch gerade der tertiäre Sektor eine stürmische Entwicklung und steigerte die zentralörtliche Bedeutung der Stadt weit über ihren ehemaligen Wirkungsbereich hinaus. Saarbrücken wies am 27.5. 1970 6624 nichtlandwirtschaftliche Arbeitsstätten mit insgesamt 105.818 Beschäftigten auf (vgl. Tabelle 8, S. 71). Wie aus Tabelle 8 zu ersehen ist, dominiert das private Dienstleistungsgewerbe gegenüber dem produzierenden Gewerbe mit 4951 zu 1092 Arbeitsstätten und 49.604 zu 35.452 Beschäftigten recht erheblich. Diese Zahlen alleine spiegeln schon die Zentralität und Bedeutung der Stadt Saarbrücken wider. Die Anzahl der Arbeitsstätten läßt noch keine konkreten Schlüsse auf potentielle Emissionsquellen zu. Nur über eine Qualifizierung wird man entspre-

Tabelle 8: Nichtlandwirtschaftliche Arbeitsstätten und Beschäftigte vom 27.5.1970 (Quelle: Stat. Jb. 1966-72)

Wirtschaftsabteilung	Arbeitsstätten	Beschäftigte
1. Energiewirtsch. u. Wasserversorgung	14	2665
2. Verarbeitendes Gew.	827	25831
3. Baugewerbe	251	6956
1.-3. Produzierendes Gewerbe	1092	35452
4. Handel	2283	19530
5. Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	334	12349
6. Kreditinst. u. Versicherungsgewerbe	283	5826
7. Dienstleistungen	2051	11899
4.-7. Priv. Dienstleistungen	4951	49604
8. Organis. ohne Erwerbscharakter	245	2473
9. Soz.-Versicherung u. Gebietskörpersch.	301	18093
Summe 1. - 9.	6624	105818

chende Angaben zur Umweltbelastung machen können. An dieser Stelle muß auf die oft erheblichen Schwierigkeiten bei der qualitativen Erfassung der Arbeitsstätten und ihrer Emissionen hingewiesen werden. Es ist sehr schwer, wenn nicht gar unmöglich, von den einzelnen Arbeitsstätten exakte Angaben über Produktion und Emissionen zu erhalten. Die meisten Daten unterliegen aus produktionstechnischen Gründen der Geheimhaltung und sind nur wenigen staatlichen Dienststellen zugänglich. Die Hauptindustrie- und Gewerbeemissionen rekrutieren sich aus dem "verarbeitenden" Gewerbe. Einen Hinweis auf die Ent-

wicklung und die Anzahl der Betriebe im verarbeitenden Gewerbe gibt die folgende Tabelle.

Tabelle 9: Anzahl der gewerbesteuerpflichtigen Betriebe (nur verarb. Gewerbe) von 1967 - 1973 (Quelle: Stat. Jb. 1966-72)

Betriebsart	1967	1969	1971	1973
Energiewirtsch. u. Wasservers. Bergbau	4	4	5	6
Chem. Industrie u. Mineralölverarbeitung	31	29	28	28
Verarb. von Steinen u. Erden, Feinkeramik u. Glasgewerbe	29	31	24	23
Kunststoff-,Gummi- u. Asbestverarbeitung	12	13	14	12
Eisen- u. NE-Metallerzeugung Gießerei u. Stahlverformung	58	58	55	54
Stahl-, Maschinen- u. Fahrzeugbau	103	103	102	100
Elektrotechnik, Feinmechanik u. Optik, EBM-Waren, Spiel- Sport- u. Schmuckwaren	127	126	116	112
Holz-, Papier- u. Druckgew.	133	126	117	111
Leder-, Textil- u. Bekleidungsindustrie	206	206	168	150
Nahrungs- u. Genußmittelindustrie	162	155	140	135
Summe	865	851	769	731

Nicht alle emittierenden Anlagen unterliegen einer behördlichen Vorkontrolle (MUTHESIUS 1975), was natürlich die Erarbeitung eines Emissionskatasters erheblich erschwert, denn die gesetzlich festgelegten Anforderungen reichen im Normalfall zum Schutz der Umwelt vor schädlichen Einflüssen aus. "Nur bei solchen Anlagen, die aufgrund ihrer Be-

schaffenheit oder ihres Betriebs in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Umwelteinwirkungen oder sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen hervorzurufen, besteht ein Bedürfnis nach verstärkter staatlicher Kontrolle" (Zit.: MUTHESIUS 1975, S. 21/22). Diese Anlagen unterliegen gemäß § 4 des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) bzw. § 16 der Gewerbeordnung der Genehmigungspflicht. Die nachfolgende Tabelle 10 (vgl. auch Karte 3) enthält alle dem Verfasser vom Gewerbeaufsichtsamt[1] zur Verfügung gestellten genehmigten Anlagen nach § 4 BImSchG innerhalb des Stadtgebietes von Saarbrücken.

3.2.3. Verkehr

Nur der Kraftfahrzeugverkehr wird berücksichtigt, denn der Schienenverkehr , Flug- und Schiffverkehr spielen bezüglich der Umweltbelastung im Stadtgebiet eine untergeordnete Rolle. Das Automobil als bedeutendstes Transportmittel unserer Zeit ist ein integrierender Bestandteil unseres Lebensstandards. Der Kraftfahrzeugverkehr begann Mitte der sechziger Jahre durch den wachsenden Wohlstand (Auto als Standessymbol) bedenkliche Dimensionen anzunehmen. Endlose Autoschlangen bewegen sich zu den Verkehrsspitzenzeiten ("rush hours") in die Städte bzw. heraus. Trotz aller bekannten und anerkennenswerten Vorteile des Individualverkehrs ist durch seine explosionsartige Zunahme die

---

[1] Herrn Reg. Gew. Dir. W. MÜLLER sei für die Bereitstellung des Materials gedankt.

Tabelle 10: Aufstellung der nach § 16 GewO bzw. § 4 BImSchG genehmigten Anlagen innerhalb der Stadt Saarbrücken alphabetisch nach Straßennamen geordnet (Quelle: Gewerbeaufsichtsamt)

Lfd. Nr.	Art der Anlage mit Leistungsangabe	Standort	Datum der Genehmigung	Planquadrat
1	Flüssiggastanks	Altenkesseler Str. 13	13.09.73	B5
2	Dampfkessel 3,75 t/h	Altenkesseler Str. 17	20.09.68	B5
3	Dampfkessel 4x1,8 t/h	An der Römerbrücke	23.11.66	H7-J7
4	Dampfkessel 173 Gcal/h	An der Römerbrücke	03.07.72	H7-J7
5	Heizzentrale	Am alten Hafen	30.06.64	F5
6	Heizzentrale	Am Eschberg	19.10.64	L5
7	Dampfkessel 2x1,5 Gcal/h	Am Holzbrunnen 2-4	12.11.73	J7
8	Bitumenaufbereitung	Am Kieselhumes 72	23.04.64	H6-J6
9	Dampfkessel 5,2 Gcal/h	Auf dem Sonnenberg	11.06.74	H10
10	Heizzentrale	Bahnhofstraße	16.02.61	F5-F6
11	Dampfkessel 1,26 t/h	Bleichstraße 25	02.09.65	G6
12	Heizzentrale	Brauer Straße 25	17.05.66	G5
13	Heizzentrale	Brauer Straße 25	08.12.72	G5
14	Dampfkessel 15 t/h	Burbacher Hütte	03.10.73	C5-C6
15	Dampfkessel 63 t/h	Burbacher Hütte	30.10.64	C5-C6
16	Hochofen	Burbacher Hütte	19.10.65	C5-C6
17	Thomasstahlwerk	Burbacher Hütte	02.03.66	C5-C6
18	Öleindüsung in Hochofen	Burbacher Hütte	28.07.66	C5-C6
19	Öleindüsung in Hochofen	Burbacher Hütte	29.03.67	C5-C6
20	Aufblaskonverter	Burbacher Hütte	22.07.70	C5-C6
21	Gichtgasreinigung	Burbacher Hütte	11.08.60	C5-C6
22	E-Filter f. Entstaubung Sinteranlage	Burbacher Hütte	06.04.61	C5-C6
23	Sinterband u. Erzbrechanl.	Burbacher Hütte	26.06.63	C5-C6
24	Hochofen	Burbacher Hütte	09.07.63	C5-C6
25	Gasabfüllanlage	Burbacher Straße 49	08.08.72	C5-B5
26	Sauerstoff-Füllanlage	Burbacher Straße 49	13.04.73	C5-B5
27	Dampfkessel 1,43 Gcal/h	Deutschherrenpfad 14	04.03.68	E6
28	Dampfkessel 3,82 Gcal/h	Dudweiler Landstraße 6-9	02.11.73	G6-F6
29	Dampfkessel 4,5 t/h	Dudweiler Landstraße 6-9	03.02.58	G6-F6
30	Fett- und Talgschmelze	Dudweiler Straße 58	27.04.67	G5-G6
31	Dampfkessel 1,25 t/h	Fasanerieweg 17	08.01.68	J7
32	Dampfkessel 90 Gcal/h	Ferdinant Porsche-Str.	19.12.72	F8-E8
33	Dampfkessel 4 t/h	Gersweiler Str. 78	03.07.69	D6-E6
34	Müllverbrennung	Großherzog-Friedr.-Str. 16	19.07.65	G6-H6
35	Dampfkessel 1 t/h	Großherzog-Friedr.-Str. 44	25.06.72	G6-H6
36	Müllverbrennung	Großherzog-Friedr.-Str. 44	12.12.63	G6-H6
37	Müllverbrennung	Halbergstraße 1	10.03.72	G6
38	Heizung 4,91 Gcal/h	Halberg	18.01.65	J7-K7
39	Müllverbrennung	Hellwigstraße 8	12.12.71	H6
40	Heizzentrale	Hohenzollernstraße 47	30.07.74	E6
41	Flüssiggasanlage	Industriegelände Süd	10.09.74	E8
42	Dampfkessel 2x5,18 Gcal/h	Industriegelände Süd	09.08.72	E8
43	Netzfrequenzofenanlage	Im Helmerswald	20.04.72	J6-K7
44	Dampfkessel 3x3,3 t/h	Im Helmerswald	14.01.63	J6-K7
45	Dampfkessel 83 t/h	Im Stadtwald	08.11.73	K3
46	Müllverbrennung	Kaiserstraße	02.02.66	F5-G5
47	Heizungsanlage	Kepler Straße 18	22.12.61	F6
48	Heizungsanlage 0,97 Gcal/h	Kepler Straße 18	12.10.64	F6
49	Dampfkessel 2x1,84 Gcal/h	Lerchesflurweg 37	04.02.74	E7-F7

50	Dampfkessel 2 t/h	Mainzer Straße 14	17.04.61	G6
51	Dampfkessel 1,25 t/h	Mainzer Straße 180	20.02.63	H6-H7
52	Müllverbrennung	Mainzer Straße 182	27.06.61	H6-H7
53	Heizzentrale	Mainzer Straße 201	06.09.67	H7-J7
54	Heizung	Mainzer Straße	25.05.64	J7
55	Dampfkessel 2x0,92 Gcal/h	Mainzer Straße	10.03.72	J7
56	Dampfkessel 1,35 Gcal/h	Mainzer Straße	18.09.50	G6
57	Müllverbrennung	Mecklenburgring	13.04.65	K5
58	Dampfkessel 15,1 Gcal/h	Metzer Straße	13.01.72	E8-D8
59	Dampfkessel 1,15 Gcal/h	Moltkestraße 61-63	06.11.67	D6-E6
60	Heizung 2,7 Gcal/h	Neumarkt	10.12.62	F6
61	Dampfkessel 5 t/h	Rheinstraße	06.11.64	C4-D4
62	Dampfkessel 2x5 t/h	Rheinstraße	28.08.72	C4-D4
63	Dampfkessel 3,5 t/h	Rheinstraße	15.07.74	C4-D4
64	Dampfkessel 3,5 t/h	Rheinstraße	02.11.65	C4-D4
65	Heizung u. Müllverbrennung	Saaruferstraße	26.05.66	E6-F6
66	Müllverbrennung	Saaruferstraße	09.11.67	D6
67	Müllverbrennung	Saaruferstraße 12	23.05.67	D6-E6
68	Dampfkessel 2 Gcal/h	Schafbrücke-Industriegeb.	02.08.71	L7
69	Heizzentrale	Schillstraße	11.07.72	D5-E5
70	Heizung 4,24 Gcal/h	Schönbach-Saargemünder Str.	23.12.70	J11
71	Schwimmbadheizung	Schwarzenberg	26.06.67	J5
72	Dampfkessel 1,25 t/h	Straße des 13. Januar	29.09.70	H7
73	Dampfkessel 10 t/h	Straße des 13. Januar	06.03.69	H7
74	Räucheranlage	Straße des 13. Januar	27.04.72	H7
75	Heizzentrale	Virchowstraße	30.05.67	H8
76	Müllverbrennung	Winterberg	30.04.68	G7-G8
77	Müllverbrennung	Winterberg	06.12.68	G7-G8
78	Dampfkessel 3,5 Gcal/h	Winterberg	14.03.69	G7-G8
79	Heißwassererzeuger	Zinzinger Straße	11.09.75	D9-E9

Belastbarkeitsgrenze vieler städtischer Systeme fast erreicht. Neben dem Lärm sind es vor allem Abgase und Stäube, die vom fließenden Verkehr emittiert werden und gesundheitsschädigende Wirkungen haben (KÜHN & VOGLER 1957; HETTCHE 1960; BUCHANAN 1964; MITSCHERLICH 1965; GUTHOF & GABLESKE 1968; STRESEMANN 1969; BRUCKMAYER 1969; LÖBSACK 1970; APEL 1973; AUTORENKOLLEKTIV 1973). Durch die große Verkehrsdichte in den Städten ist der Kraftfahrzeugverkehr zu einem wesentlichen Faktor der Luftverschmutzung geworden. Im Materialienband zum Umweltprogramm der BRD 1971 werden für die Bundesrepublik folgende Emissionsbelastungen durch den Kfz.-Verkehr (für das Jahr 1969) angegeben:

Kohlenmonoxid	etwa 3,65 Mill.	t
Stickoxide	etwa 0,81 Mill.	t
Kohlenwasserstoffe	etwa 0,47 Mill.	t
Schwefeldioxid	etwa 57.000	t
Feststoffe (Pb- u. Fe-Verbindungen, Teer, Öl, Ruß)	etwa 51.000	t
Reifenabrieb	etwa 60.000	t

In den Jahren von 1955 bis 1972 hat sich in Saarbrücken die Zahl der zugelassenen Kraftfahrzeuge (ohne Bundesbahn und Bundespost) von weniger als zwanzigtausend auf mehr als vierzigtausend verdoppelt. Bezieht man die täglichen Ein- und Auspendlerströme mit ein, so wächst die Zahl noch beträchtlich an. Verkehrszählungen des Amtes für Umweltschutz[1] an verschiedenen Stellen der Stadt (vgl. Karte 3) zeigen die hohe Verkehrsbelastung zu den verschiedenen Tageszeiten (vgl. Abb. 59-66 im Anhang). Mit einem Druckschlauchzählgerät wurden

---

[1] Mein Dank gilt dem Leiter Herrn Dipl.Ing. D. BÜCH und Herrn Ing.grad. W. DÖRRENBÄCHER für die Bereitstellung von Material und für wertvolle Hinweise.

an jeweils einem Standort die PKW-Einheiten pro Stunde über drei Tage gemessen. Nach der Verkehrsmengenkarte des Saarlandes 1973 herrscht, mit nur wenigen Ausnahmen, auf den Hauptstraßen von und nach Saarbrücken (vgl. Abb. 12, S. 78) sehr starker Verkehr mit meist mehr als zwanzigtausend PKW-Einheiten pro Tag im Jahresmittel. Zieht man noch in Betracht, daß die meisten Straßen die verkehrsgünstigen Tallagen bevorzugen, so verwundert es nicht, daß die spezifisch schweren Autoabgase auf den Talsohlen akkumulieren und beträchtliche Werte annehmen. Der Tunneleffekt (BORTENSCHLAGER & SCHMIDT 1963; THOME 1973), der bei Kartierungen deutlich nachzuweisen ist, ist in erster Linie auf die Kraftfahrzeugemissionen bei schlecht ventilierten und zu bestimmten Zeiten überlasteten Tallagenstraßen zurückzuführen.

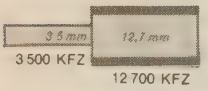
3.2.4. Flächennutzung

Nicht nur das tatsächliche Vorhandensein von Wohnvierteln, Verkehrswegen, Industrieanlagen, Grünflächen, Wasserflächen etc., sondern vor allem deren Lageverhältnisse und Größenrelationen sind für die lufthygienische Situation einer Stadt entscheidend (KIEMSTEDT 1971; SUKOPP 1972; KLINK 1972; REGION. PLANUNGSGEM. UNTERMAIN 1974).
Die Gesamtfläche der Stadt Saarbrücken beträgt 5302,9 ha (vgl. Tab. 13). Die bebaute Fläche nimmt mit 1,1% von 1966 bis 1972 gegenüber anderen Nutzflächen am stärksten zu. Bei den verkehrsgebundenen Flächen beträgt das Wachstum immerhin noch 0,9%, während Park- und Grünanlagen, Sport- und Spielplätze und die Wasserfläche nur noch um 0,1 bzw. 0,2% zunehmen. Den stärksten Rückgang verzeichnen

Abbildung 12:

(Quelle: Oberste Straßenbaubehörde)

Zeichenerklärung:



Die Bänder sind jeweils in der Farbe der Straßenklasse dargestellt.
Bei mehr als 5.000 KFZ/24 Std. veränderliche Bandbreite:
1 mm entspricht 1.000 KFZ.
Bei mehr als 10.000 KFZ/24 Std. ist das Band durch einen schwarzen Breitstrich eingefaßt.

Farbenerklärung:

Bundesautobahn (mit Nr.)
Bundesstraße (mit Nr.)
Landstraße I. Ordnung (mit Nr.)
Landstraße II. Ordnung (mit Nr.)

Rote Zahlenwerte: PKW-E./24 Std.

Beispiel:	4 443	erste Zeile: Personenverkehr
	1 586	zweite Zeile: Güterverkehr
	6 029	dritte Zeile: Summe

die landwirtschaftliche Nutzfläche mit 1,3% und die gärtnerische Nutzfläche mit 0,4%. Auch die ungenutzten Öd- und Unlandflächen gehen mit 0,4% stark zurück. War die Bilanz der Waldfläche zur bebauten Fläche plus Verkehrsfläche im Jahre 1966 noch positiv (+1,3%), so weist sie 1972 schon ein Minus von 0,8% auf. Die derzeitige Waldverteilung gibt Karte 1 wider. Bezeichnend für Saarbrücken ist, daß in der Innenstadt keine nennenswerten Grünflächen vorhanden sind, die zur Auflockerung der Bebauung und zur Regeneration der Stadtbevölkerung dienen. Hierzu spielen die den Talraum umgebenden Wälder eine überaus positive Rolle. Auch die Wasserflächen (Weiher) mit 14,2 ha liegen, wie die Wälder, an der Peripherie (vgl. Tab. 11).

Tabelle 11: Stehende Gewässer im Stadtgebiet (Quelle: Stat. Jb. 1966-72)

Bezeichnung	Lage	Wasserfläche ar
Deutschmühlenweiher	D/7	304,00
Dienstaderweiher	D/8	60,00
Drahtzugweiher	C/8	260,00
Folsterweiher	D/8	67,50
Ohligweiher	H/10	78,10
Prinzenweiher	H/5	102,60
Tabaksweiher	G/8	68,00
Burbacher Waldweiher	C/3	480,00

Die ausgewiesenen Landschaftsschutzgebiete sind fast alle identisch mit den in Karte 1 dargestellten Wald- und Grünflächen. Elf Landschaftsschutzgebiete decken eine Fläche von insgesamt 1861,9 ha (vgl. Tab. 12, S. 80).

Tabelle 12: Landschaftsschutzgebiete
(Quelle: Stat. Jb. 1966-72)

Nr.	Bezeichnung	Lage	Fläche ha
1	Drahtzugweiher und Habsterwiesental	C/8,D/9	23,05
2	Dienstader Weiher und Teile vom Heidenköpfchen	D/8,D/7	5,69
3	Deutschmühlenweiher mit Mockental, Ehrental und Glockenwäldchen	D/7	28,53
4	Am Winterberg	G/7,G/8	40,00
5	Tabakmühlental am obersten Weiher	G/9	4,00
6	Stiftswald	G/10 ff.	305,68
7	Kaninchenberg	J/6	10,50
8	St. Johanner Stadtwald mit Schwarzenberg	J/4 ff.	527,08
9	Staatswald Fischbach	F/2 ff.	602,72
10	Alt-Saarbrücken Stadtwald	C/7 ff.	313,04
11	Nußberg	F/7	1,68

Stichtag	Gesamtfläche	bebaute Fläche	Straßen, Plätze u. sonst. Verkehrsgelände	öffentliche Park- und Grünanlagen	Friedhöfe	Sport- und Spielplätze	Landwirtschaftl. genutz. Fläche	gärtnerisch genutz. Fläche	Waldfläche	Wasserfläche	sonstige Fläche (Öd- u. Unland)
Fläche in ha 1966	5302,9	1083,5	736,5	124,2	100,3	56,0	552,0	516,0	1891,0	59,9	183,5
Fläche in %	100	20,5	13,9	2,3	1,9	1,0	10,4	9,7	35,7	1,1	3,5
Fläche in ha 1972	5302,9	1144,8	783,7	127,7	100,3	56,0	483,9	492,2	1887,9	70,7	155,7
Fläche in %	100	21,6	14,8	2,4	1,9	1,1	9,1	9,3	35,6	1,3	2,9

Tab.:13 Nutzung der Bodenfläche des Stadtgebietes (Quelle: Stat. Jb. 1966-72)

Tab.:14 Name und Fläche (ha) der Stadtteile und Stadtbezirke (Quelle: Stat. Jb. 1966-72)

Stadtteil Stadtbezirk	Fläche in ha	Stadtteil Stadtbezirk	Fläche in ha
ALT - SAARBRÜCKEN	1147,4	34 Am Staden	39,0
11 Schloßplatz	65,2	35 Kaninchenberg	210,8
12 Reppersberg	45,7	36 Rotenbühl	319,4
13 Malstatter-Straße	66,7	37 Am Homburg	363,4
14 Triller	116,1	38 Bruchwiese	46,3
15 Glockenwald	745,4	ESCHBERG	143,8
16 Bellevue	108,3	41 Eschberg	143,8
MALSTATT - RUSSHÜTTE	1029,3	BURBACH	793,9
21 Rußhütte	528,8	51 Hochstraße	155,5
22 Rodenhof	196,6	52 Ottstraße	238,9
23 Hauptpost	65,6	53 Füllengarten	399,5
24 Breitestraße	61,1	St. ARNUAL	937,7
25 Jenneweg	74,7	61 Wackenberg	733,9
26 Rastpfuhl	102,5	62 Winterberg	203,8
St. - JOHANN	1137,4	JÄGERSFREUDE	113,3
31 Hauptbahnhof	92,5	71 Jägersfreude	113,3
32 Landwehrplatz	28,8		
33 St. Johanner Markt	37,2		

4. Ergebnisse

4.1. Lepidium-Exponate

Von den 25 im Stadtgebiet ausgesetzten Expositionseimern (vgl. Karte 1) konnten nur 21 ausgewertet werden, da bei drei Gefäßen die Pflänzchen durch Viehfraß stark geschädigt wurden und ein Eimer offensichtlich gestohlen wurde. Die genauen Standorte der Exponate gibt die folgende Tabelle wider.

Tabelle 15: Verteilung der Lepidium-Exponate

Nr.	Standort	Planquadrat
2	Erbeldinger Hof	F/9
3	Trittenheimer Weg	C/3
4	Birkenfelder Straße	F/4
5	Neugrabenweg	H/5
6	Tabaksweiher	G/8
7	Elisabethenstraße	F/7
8	Am Ordensgut	E/7
9	Oben am Mockenweiher	D/7
10	Im Zollstock	D/10
11	Drahtzugweiher	C/8
12	Schanzenberg	D/6
13	Sonnenberg	H/10
14	Winterberg	F/8,G/8
16	Eschberg	L/6
18	Krämersweg	H/4
19	Trierer Straße	F/5
20	Neuhauser Straße	E/2
21	Paul-Schmook-Straße	D/5
22	Koblenzer Straße	B/5
23	Von der Heydt	C/1
24	Matzenberg	A/4

Die biometrischen Untersuchungen brachten folgende Ergebnisse (vgl. Tab. 16 u. Abb. 13):

a. Blattflächenindex (Blattfläche/Bodenfläche)
b. Verhältnis Blattlänge/Stengellänge
c. Verhältnis Wurzellänge/Stengellänge
d. pH-Wert der Komposterde nach der Ernte (Bezugswert vor der Ernte pH 5,0)

Tabelle 16:

Nr.	BFI	Bl./Stl.	Wl./Stl.	pH-Wert
2	3,393	1,449	0,958	4,75
3	3,388	1,354	0,946	4,75
4	2,505	1,067	1,375	5,10
5	3,009	1,247	1,129	5,05
6	3,724	1,633	0,888	4,60
7	3,343	1,342	1,015	4,65
8	3,538	1,586	0,881	4,80
9	3,499	1,493	0,892	4,80
10	2,998	1,263	1,284	5,25
11	4,846	2,021	0,683	4,50
12	4,376	2,230	0,679	4,55
13	4,484	1,777	0,589	5,05
14	3,428	1,538	1,000	4,85
16	2,989	1,255	1,765	5,10
18	3,419	1,515	0,932	4,95
19	2,309	1,041	2,706	5,35
20	3,159	1,285	1,025	5,00
21	2,091	0,891	1,799	5,50
22	2,125	0,981	2,295	5,40
23	4,004	1,701	0,591	5,05
24	2,554	1,168	1,501	5,05

Frisch- und Trockengewichte von Wurzel-, Stengel- und Blattmasse dienten zur Ermittlung der Stoffproduktion. Die Summe der Frischgewichte gibt Tabelle 17 wider. Die Summe der Trockengewichte

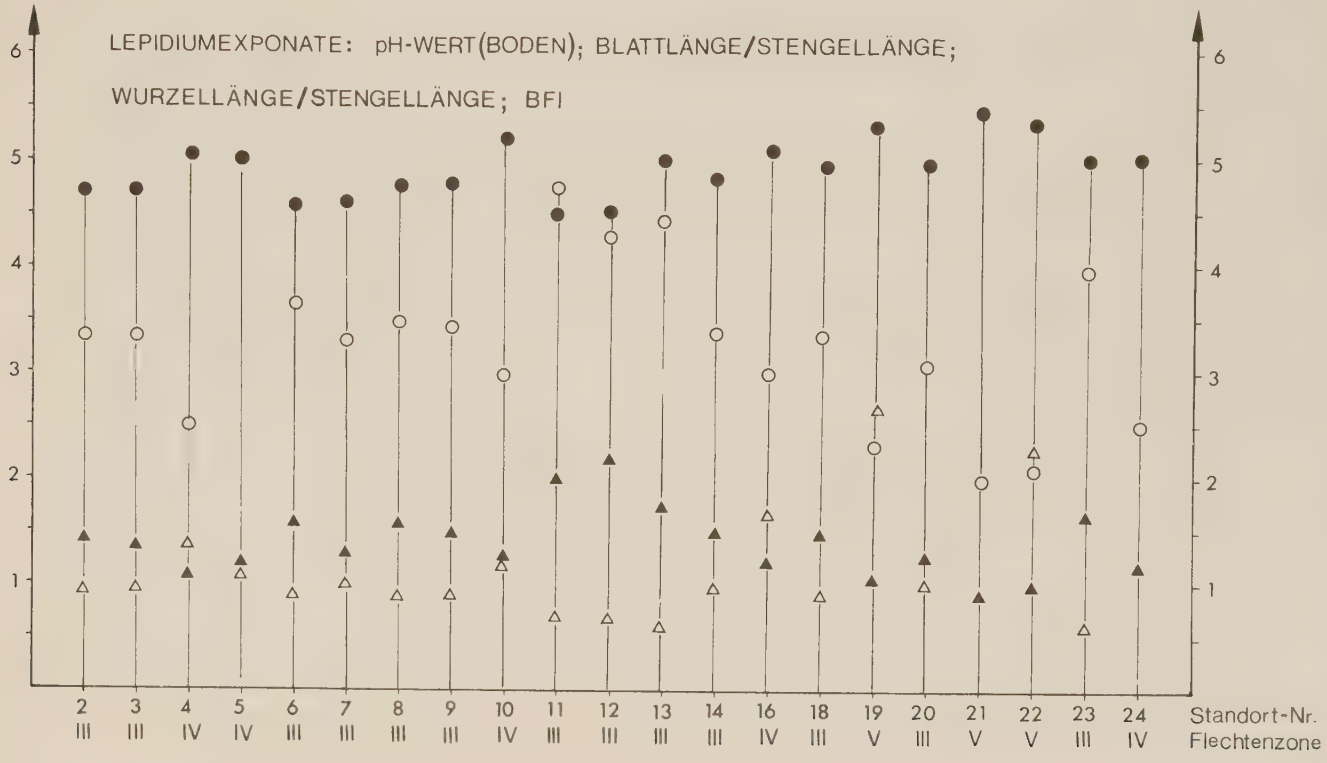

LEPIDIUMEXPONATE: pH-WERT(BODEN); BLATTLÄNGE/STENGELLÄNGE;
WURZELLÄNGE/STENGELLÄNGE; BFI
6
5
4
3
2
1
2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 16 18 19 20 21 22 23 24
III III IV IV III III III III IV III III III III IV III V III V V III IV
Standort-Nr.
Flechtenzone
● pH; ○ BFI; ▲ BL/STL.; △ WL/STL.

Abb. 13

der bei 80°C bis zur Gewichtskonstanz getrockneten Wurzel-, Stengel- und Blattmasse gibt einen Hinweis auf die unterschiedlichen Zuwachsraten der einzelnen Exponate-Eimer (vgl. Tab. 18 u. Abb. 14).

Tabelle 17: Frischgewichte der Lepidiumexponate (gr)

Nr.	Frischgew. Blätter	Frischgew. Stengel	Frischgew. Wurzel	Summe
2	150,96	170,35	68,97	390,28
3	147,51	166,43	68,19	382,13
4	110,21	124,31	51,29	285,81
5	129,34	145,92	60,62	335,88
6	160,68	181,24	73,31	415,23
7	146,38	165,24	69,26	380,88
8	144,23	165,86	64,09	374,18
9	147,91	167,13	64,62	379,66
10	129,81	146,52	55,81	332,14
11	188,79	213,01	87,06	488,86
12	209,05	235,89	96,83	541,77
13	209,14	235,95	98,06	543,15
14	146,15	164,93	67,56	378,64
16	128,95	145,45	58,02	332,42
18	152,64	172,23	73,26	398,13
19	99,64	112,46	45,82	257,92
20	136,29	153,81	59,96	350,06
21	90,22	101,77	44,20	236,19
22	91,69	103,48	44,01	239,18
23	172,75	194,98	81,19	448,92
24	108,06	117,78	49,35	275,19

Tabelle 18: Trockengewichte der Lepidiumexponate (gr)

Nr.	Trockengew. Blätter	Trockengew. Stengel	Trockengew. Wurzel	Summe
2	11,36	7,76	2,46	21,58
3	11,85	7,30	2,40	21,55
4	7,76	5,45	1,58	14,79
5	9,82	8,59	2,10	20,51
6	11,40	8,82	2,67	22,89
7	10,68	8,06	2,25	20,99
8	10,67	9,37	2,49	22,53
9	9,67	10,36	2,37	22,40
10	10,25	7,26	1,81	19,32
11	14,72	12,50	3,09	30,31
12	14,84	11,06	3,10	29,00
13	16,81	10,90	3,19	30,90
14	11,69	8,23	2,08	22,00
16	9,18	6,77	1,79	17,74
18	10,91	8,23	2,67	21,81
19	7,22	4,63	1,63	13,48
20	9,81	9,02	2,13	20,96
21	6,67	5,06	1,36	13,09
22	6,96	4,90	1,60	13,46
23	13,05	8,50	4,35	25,90
24	8,75	5,62	1,97	16,34

Die Flächen der Blattnekrosen wurden planimetrisch ermittelt, wobei 25% der gesamten Blattmasse eines Standortes untersucht wurden. Die in der Tabelle 19 (vgl. auch Abb. 15) aufgeführten Werte sind einmal die Nekrosefläche in cm^2 pro Standort und zum andern die Prozentzahl der Nekrosefläche zur gesamten Blattfläche eines Standortes.

Stoffproduktion bei Lepidiumexponaten:

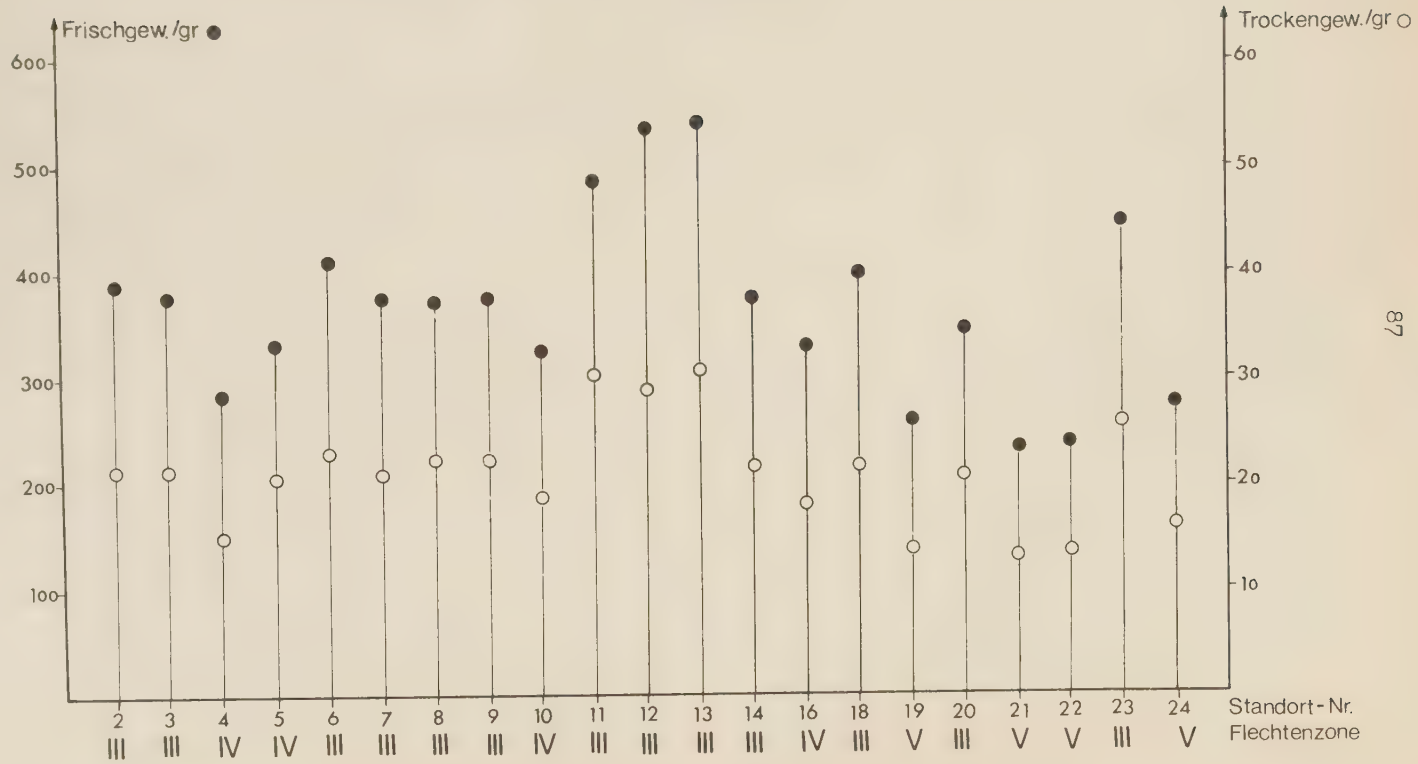


Abb. 14

Tabelle 19: Nekrosen bei Lepidiumexponaten

Standortnr.	Nekrosen in cm^2	% d. Gesamtfläche
2	44,13	2,45
3	66,91	3,73
4	61,08	4,59
5	51,76	3,24
6	7,31	0,37
7	24,32	1,37
8	11,08	0,59
9	11,51	0,62
10	44,57	2,80
11	6,30	0,24
12	3,25	0,14
13	5,92	0,23
14	24,39	1,34
16	67,93	4,28
18	16,88	0,93
19	105,83	8,63
20	46,29	2,76
21	145,91	13,14
22	89,04	7,89
23	14,03	0,66
24	50,86	3,75

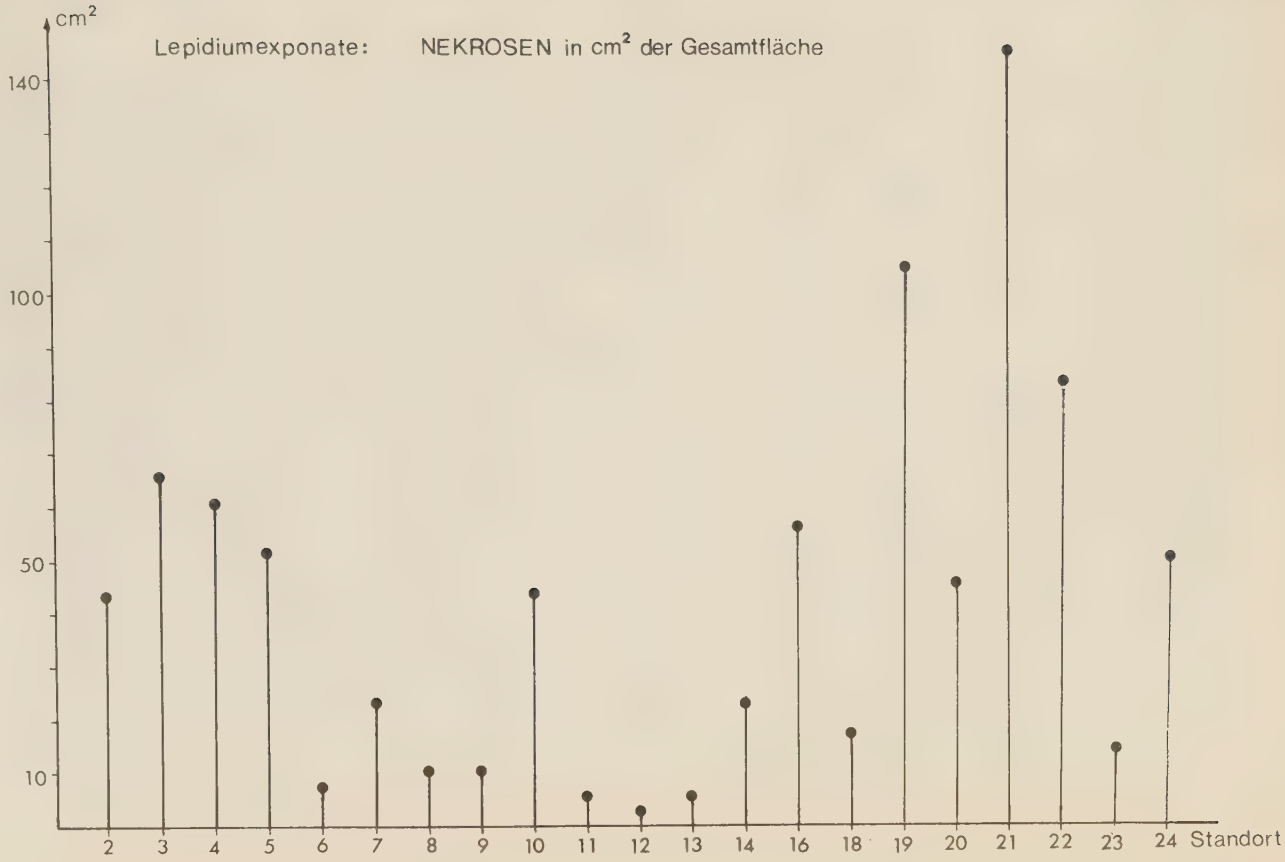

cm²
Lepidiumexponate: NEKROSEN in cm² der Gesamtfläche
140
100
50
10
2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 16 18 19 20 21 22 23 24 Standort

Abb. 15

4.2. Flechtenuntersuchungen

4.2.1. Erfassung und Verbreitung der Lichenen

Die in Saarbrücken erfaßten Flechtenarten (vgl. Kap. 2.2.2.) werden alphabetisch aufgeführt, ohne ihre systematische Stellung zu berücksichtigen.

1. Buellia punctata (Hoffm.) Massal.

Eine kleine epiphytische, nicht effigurierte Art. Der Thallus ist grau bis grün, das Hymenium ist ohne Öltropfen. Die heterogene Familie ist weit verbreitet. B. punctata ist nitro- bis neutrophytisch und kommt vor allem in den Zonen IV und III (vgl. Tab. 20, S. 96) vor.

2. Caloplaca pyracea (Ach.) Th. Fr.

Eine sehr formenreiche und noch nicht ganz erfaßte Gattung. Der Thallus reagiert mit KOH rosa. Diese Art liebt stickstoffreiches Milieu und kommt in der Zone III und selten in der inneren Kampfzone vor.

3. Candelariella vitellina (Ehrh.) Müll. Arg.

Weitverbreitete, kalkmeidende Art mit gelbem Thallus. Auf Sandstein ist sie recht häufig. Epiphytisch wurde sie nur einmal innerhalb der Zone IV gefunden. Ansonsten ist sie in der mittleren und äußeren Kampfzone häufig.

4. Candelariella xanthostigma (Pers.) Lett.

Verbreitete Art. Wahrscheinlich ist sie hydrophiler als C. vitellina, da sie in Zone III und II (4mal in Zone IV) an Standorten mit hoher Luftfeuchte auftritt. Auch in der Substratwahl unterscheidet sie sich von der vorgenannten Art durch das Meiden des sauren Bereiches.

5. Evernia prunastri (L.) Ach.

Nach POELT (1974) in ganz Europa verbreitet. In

Saarbrücken kommt sie jedoch nur an wenigen freien Stellen in Zone II und III mit Kümmerwuchs vor. Sie wurde ausschließlich an Eichen festgestellt.

6. Hypogymnia physodes (L.) Nyl., syn. Parmelia physodes (L.) Ach.

Auf Rinden, Holz und Gestein häufig vorkommende Blattflechte. Die acidophytische Art fehlt völlig in den Zonen IV und V und beschränkt sich mit Kümmerwuchs auf die mittlere Kampfzone, kommt aber in der äußeren Kampfzone gut entwickelt vor. Im Gegensatz zu den Beobachtungen von KILIAS (1974) in Erlangen meidet H. physodes die Innenstadtbereiche Saarbrückens in erster Linie wohl wegen der stärkeren Basizität der Substrate.

7. Lecanora carpinea (L.) Vain.

Im UG relativ seltene Krustenflechte, die nur an wenigen Standorten in Zone III und II gefunden wurde. Seltsamerweise tritt L. carpinea an keiner Stelle mit L. varia bzw. L. conizaeoides auf.

8. Lecanora chlarona (Ach.) Nyl.

Diese Krustenflechte ist nach POELT im süddeutschen Raum sehr häufig. Im Untersuchungsgebiet ist dies nicht der Fall. Die Flechte tritt in Zone II und III auf und findet sich im Übergangsbereich von Zone III zu IV nur noch im Letalzustand.

9. Lecanora chlarotera Nyl.

Diese Art wurde nur 3mal in der äußeren Kampfzone nachgewiesen. Sie meidet die Stadt.

10. Lecanora hageni Ach.

Die nitrophytische Krustenflechte hat durch den besonderen Immissionscharakter des Untersuchungsgebietes ökologische Vorteile und kommt, wenn auch nur vereinzelt, im Randbereich der Zone V vor und

findet ihr Optimum in der inneren Kampfzone. In Zone II fehlt sie völlig.

11. Lecanora varia (Ehrh.) Ach.

Solange noch nicht endgültig geklärt ist, ob L. varia und L. conizaeoides Nyl. eine Art sind (PISUT & JELINKOVA 1971), wobei angenommen wird, daß L. conizaeoides nur ein durch SO_2 entstandener Ökotyp von L. varia ist, werden beide Formen nicht unterschieden. Es kann jedoch festgestellt werden, daß die am weitesten in die Flechtenwüste heranreichende Form habituell sehr viel lepröser ist als "L. varia". Diese Krustenflechte ist ausgesprochen "poleotolerant" (KILIAS 1974) und kommt auch in Saarbrücken bis in die am stärksten belasteten Gebiete vor. Sie bevorzugt die Zone IV und dringt weit in die Flechtenwüste vor, jedoch nur mit sehr geringen Deckungsgraden.

12. Lecidea scalaris Ach.

Die recht häufige Art dringt nur bis zur Zone III vor, da sie stark nitrophob ist. Am Schanzenberg wurde sie mehrmals festgestellt.

13. Lepraria aeruginosa (Wigg.) Sm.

Neben Lecanora varia und der Luftalge Protococcus viridis ist die stark lepröse Krustenflechte L. aeruginosa eine Art, die sich durch eine hohe Toxitoleranz auszeichnet. Charakteristisch für das Untersuchungsgebiet ist ihre starke Bindung an eine hohe relative Luftfeuchte. Am häufigsten tritt sie in unmittelbarer Nähe der Saar oder ihrer Nebenbäche auf oder zieht sich an trockeneren Standorten in tiefe Borkenrisse zurück. Auch an den feuchten Stammbasen ist sie häufiger als an den windexponierten Stellen. Die Art kommt innerhalb aller Zonen vor.

14. Lepraria candelaris (L.) Fr.

Die ebenfalls hygrophile Art wurde nur in der mittleren Kampfzone festgestellt (am Burbacher Waldweiher und um den Drahtzugweiher).

15. Parmelia acetabulum (Necker) Duby.

Eine isidienlose, großblättrige, über Mitteleuropa weit verbreitete Blattflechte. Sie tritt in der Zone II häufig auf und fehlt auch nicht in Zone III, beschränkt sich hier jedoch auf den Bereich der Waldränder und der geschützten Lagen. Auffallend an ihrem Verbreitungsbild ist, daß sie weiter ins Stadtinnere vordringt als Hypogymnia physodes.

16. Parmelia exasperatula Nyl.

Die ebenfalls häufig vorkommende Art fehlt im bebauten Gebiet völlig und ist nur in Zone II und in einem schmalen, sich daran anschließenden Streifen der Zone III vertreten. Sie bevorzugt Standorte mit guten Lichtverhältnissen.

17. Parmelia fuliginosa (Fr.) Nyl. nom. illeg.

Der dunkelbraune Rindenbewohner wurde nur 2mal an Quercus petraea in der äußeren Kampfzone im Stiftswald kartiert.

18. Parmelia saxatilis (L.) Ach.

Die von KILIAS (1974) als azidophytische Art bezeichnete Blattflechte wagt sich in Saarbrücken weit in das Stadtgebiet hinein (SEITZ 1972; THOME 1973) und kommt außer in der Zone II noch bis in die mittleren Bereiche der mittleren Kampfzone vor.

19. Parmelia subrudecta Nyl.; syn. P. dubia (Wulf.) Schaer. nom. illegit.

Die azidophytische Blattflechtenart wurde nur in einem engen Bereich von Zone II und mittlerer Kampfzone festgestellt.

20. Parmelia sulcata Th. Tayl.

Die große Blattflechte findet in Stadtnähe günstige Standortbedingungen und dringt mit P. acetabulum am weitesten ins Stadtinnere vor, wobei sie die toxitolerantere Art zu sein scheint.

21. Pertusaria albescens (Huds.) Choisy et Wern.

Die krustenartige Flechte wurde nur in Zone III gefunden und zwar im nördlichen Bereich der Stadt im Rastpfuhl-Wohngebiet, auf der Rußhütte und in Jägersfreude.

22. Physcia ascendens Bitter

In Saarbrücken ist Ph. ascendens eine toxitolerante Blattflechtenart, da sie bis in die innere Kampfzone vordringt und sehr zahlreich in Zone III und II vorkommt. Die nitro- bis neutrophytische Art hat gegenüber den Parmelien in der Substratverträglichkeit größere Vorteile.

23. Physcia dubia (Hoffm.) Lynge

Die indifferente Art war im Untersuchungsgebiet nur an Straßenbäumen (Tilia und Aesculus) der Zone III und dem Übergang zur inneren Kampfzone nachweisbar.

24. Physcia orbicularis (Neck.) DR.

Ihr Verbreitungsgebiet erstreckt sich fast gleichmäßig über die Zonen II und III. Es ist sehr schwer, diese Flechte nach ihrer Substratverträglichkeit zu klassifizieren.

25. Physcia tenella DC. em. Bitt.

Neben Ph. ascendens ist sie die verbreitetste und toxitoleranteste Physcie überhaupt und kommt ebenfalls bis zur inneren Kampfzone vor. Daß Ph. tenella toleranter als Ph. ascendens sein soll (BARKMANN 1969; KILIAS 1974), konnte in Saarbrücken anhand des Verbreitungsmusters und der Dominanzwerte nicht

genau festgestellt werden.

26. Physconia grisea (Lam.) Poelt

In Zone III wurde sie nur an 5 Standorten (4 nördlich der Saar) notiert. Nach POELT (1974) soll sie an Straßenbäumen vorkommen, was in Saarbrücken jedoch nicht der Fall ist, denn hier tritt sie meist an Obstbäumen (Malus, Pyrus) in geschützter Lage auf.

27. Xanthoria candelaria (L.) Th. Fr.

Die leuchtend orangegelbe Blattflechte ist in der Zone II und der mittleren Kampfzone an gut belichteten Stellen zu finden.

28. Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.

Diese ebenfalls leuchtend gelbe Blattflechte ist in der äußeren und mittleren Kampfzone reichlich vertreten, bleibt jedoch auf feuchtere Stellen und die Sonnenseiten beschränkt. In der Regel kommt sie auch näher an der Stammbasis vor als X. candelaria.

Die folgenden Abbildungen 16-31 (S. 97-112) zeigen die Verbreitung der oben beschriebenen 28 in Saarbrücken festgestellten Flechtenarten. In die Verbreitungskarten sind die Flechtenzonen (vgl. VARESCHI 1936,1953; BESCHEL 1958a; BORTENSCHLAGER & SCHMIDT 1963; KIRSCHBAUM 1972; SEITZ 1972[1]; THOME 1973; KILIAS 1974; HEIDT 1974), die aufgrund von Artverbreitungs-, Dominanz- und Vitalitätsuntersuchungen sowie I.A.P.-Wert-Berechnungen ermittelt wurden, eingetragen (vgl. Karte 6 S.233). In Tabelle 20 (S. 96) sind die einzelnen Zonen näher definiert. Die Verbreitungskarten geben nicht alle Standorte

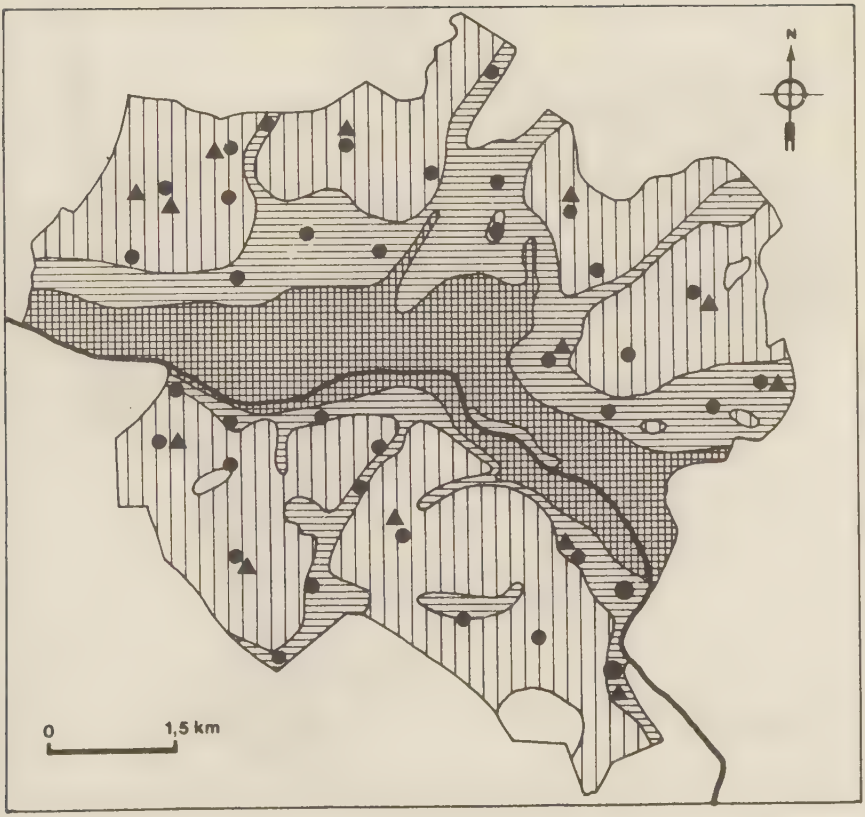
[1] Diese Arbeit enthält die Ergebnisse der unveröffentlichten Staatsexamensarbeit von THOME 1973.

der jeweiligen Art wider, sondern stellen nur einen generellen Überblick dar. Eine Auswahl typischer Standorte erfolgt in den Flechtentabellen (33 ff. siehe Anhang S. 251 ff.). Die Standorte sind durchlaufend numeriert und werden im Text erklärt. Die Baumarten werden mit Großbuchstaben abgekürzt: Acer =A, Aesculus =AE, Betula =B, Fagus =F, Malus =M, Prunus =P, Populus =PP, Quercus =Q, Robinia =R, Salix =S, Tilia =T. Bei der Exposition bedeuten: 1 =Nord, 2 =Ost, 3 =Süd, 4 =West. Die Licht- und Windverhältnisse werden mit 1 = beschattet bzw. Leelage und 2 = unbeschattet bzw. Luvlage charakterisiert.

Tabelle 20: Flechtenzonen aufgrund von Artverbreitung, Dominanz- und Vitalitätsgraden (vgl. S. 158)

Zone	Bezeichnung	Artverbr., Dominanz, Vitalität
I	Reinluftzone	a. Krustenflechten b. Blattflechten 50-100% u. Vitalitätsgrade von 5-6
II	Äußere Kampfzone	a. Krustenflechten b. Blattflechten 25-75% u. Vitalitätsgrade von 3-5
III	Mittlere Kampfzone	a. Krustenflechten b. Blattflechten bis 25% u. Vitalitätsgrade von 1-3
IV	Innere Kampfzone	a. Krustenflechten b. Blattflechten bis 5% u. Vitalitätsgrade von 0-2
V	Flechtenwüste	a. keine Blattflechten b. Krustenflechten bis 5% u. Vitalitätsgrade von 0-2 c. keinerlei Flechtenbewuchs, nur noch Luftalge Protococcus viridis

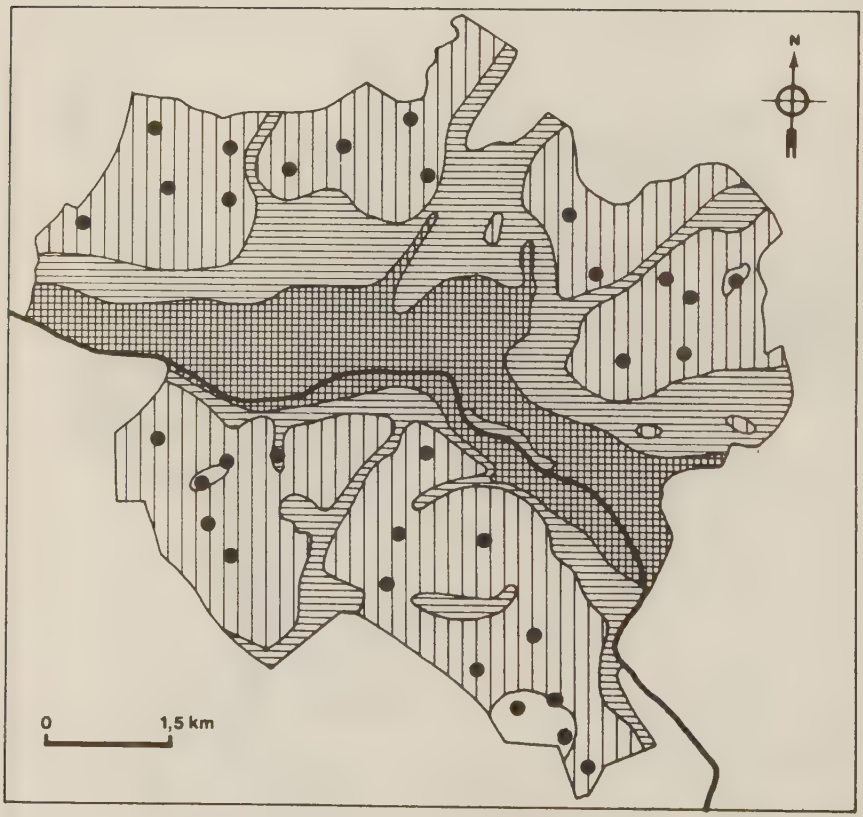
Abbildung 16:



1 ● Buellia punctata

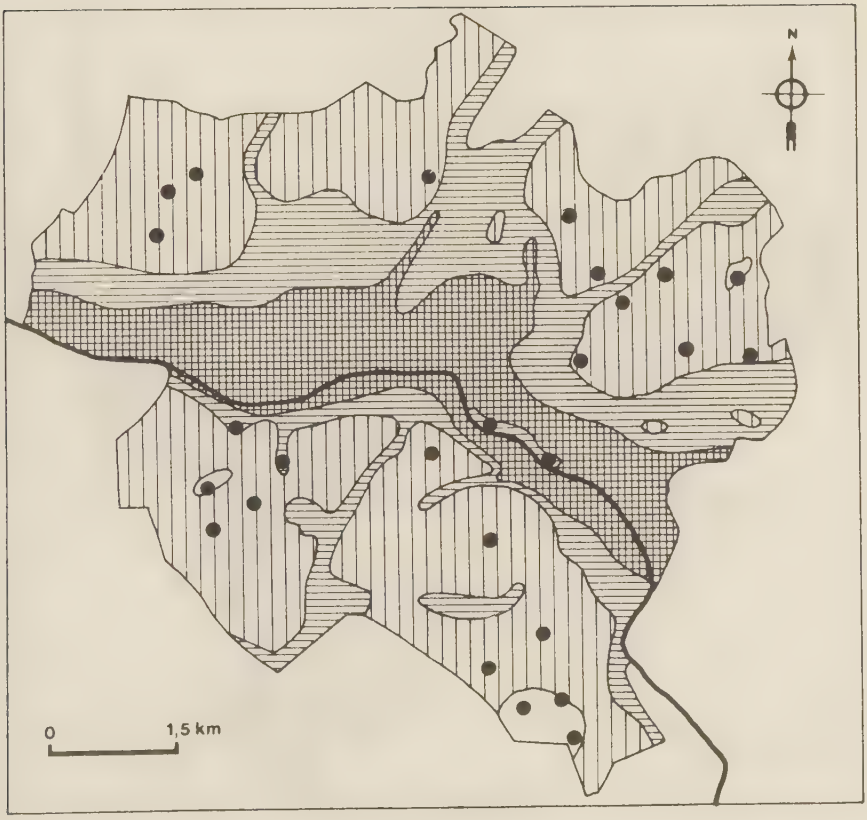
2 ▲ Caloplaca pyracea

Abbildung 17:



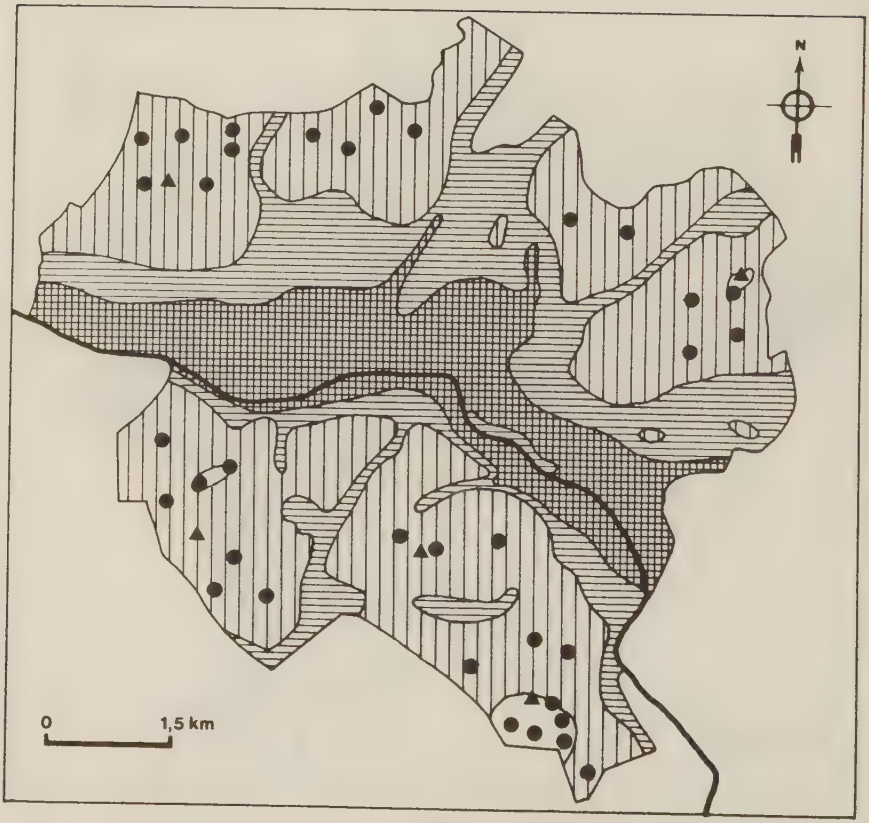
3● Candelariella vitellina

Abbildung 18:



4● Candelariella xanthostigma

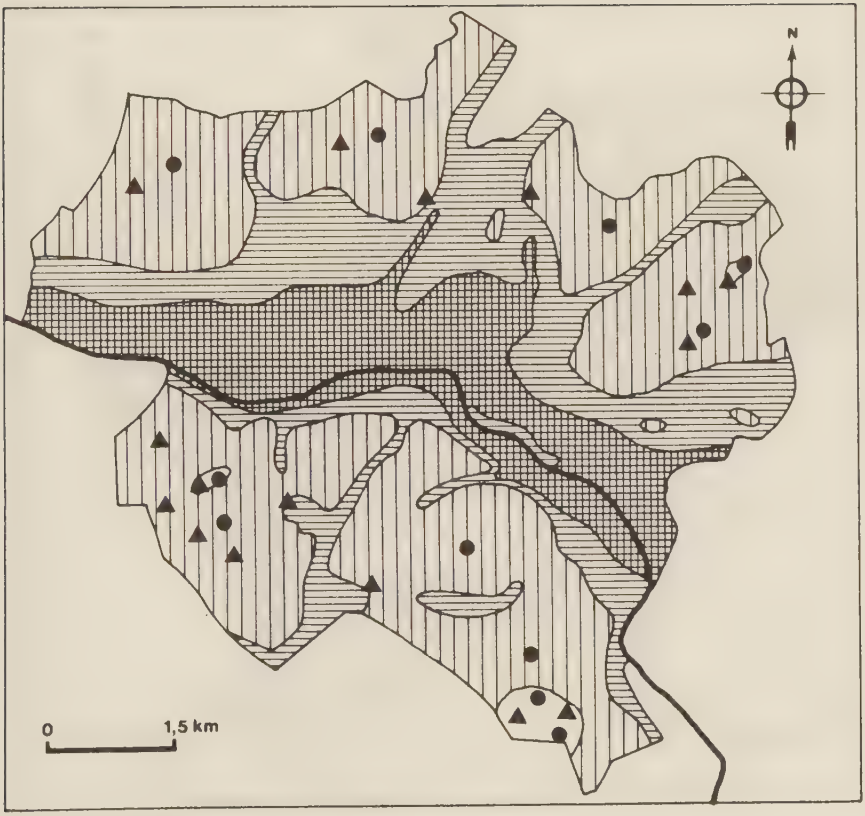
Abbildung 19:



5 ▲ Evernia prunastri

6 ● Hypogymnia physodes

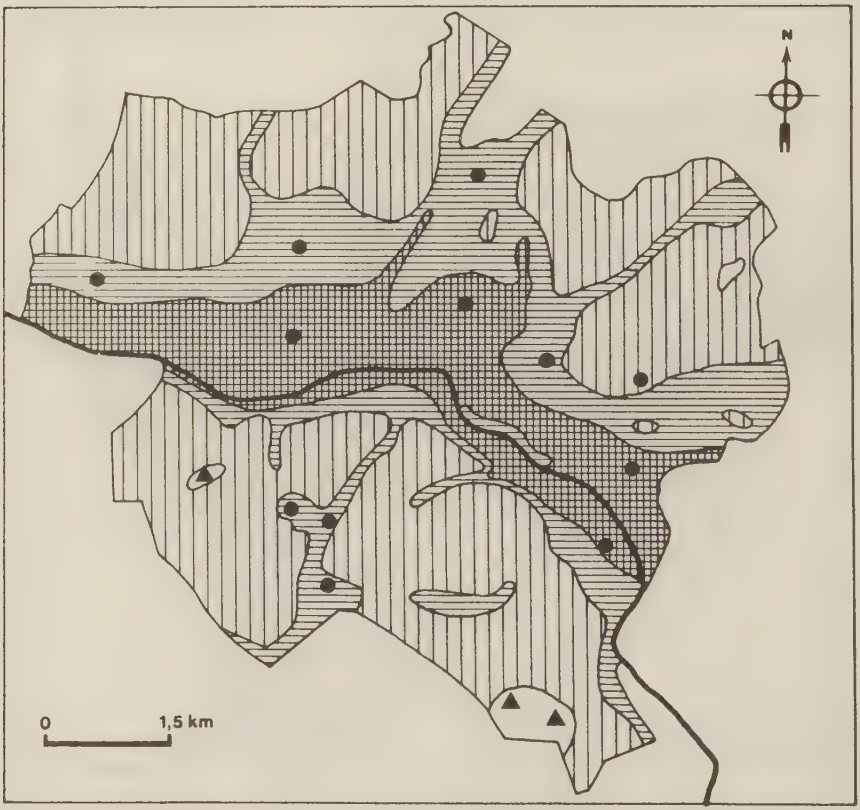
Abbildung 20:



7 ● Lecanora carpinea

8 ▲ Lecanora chlarona

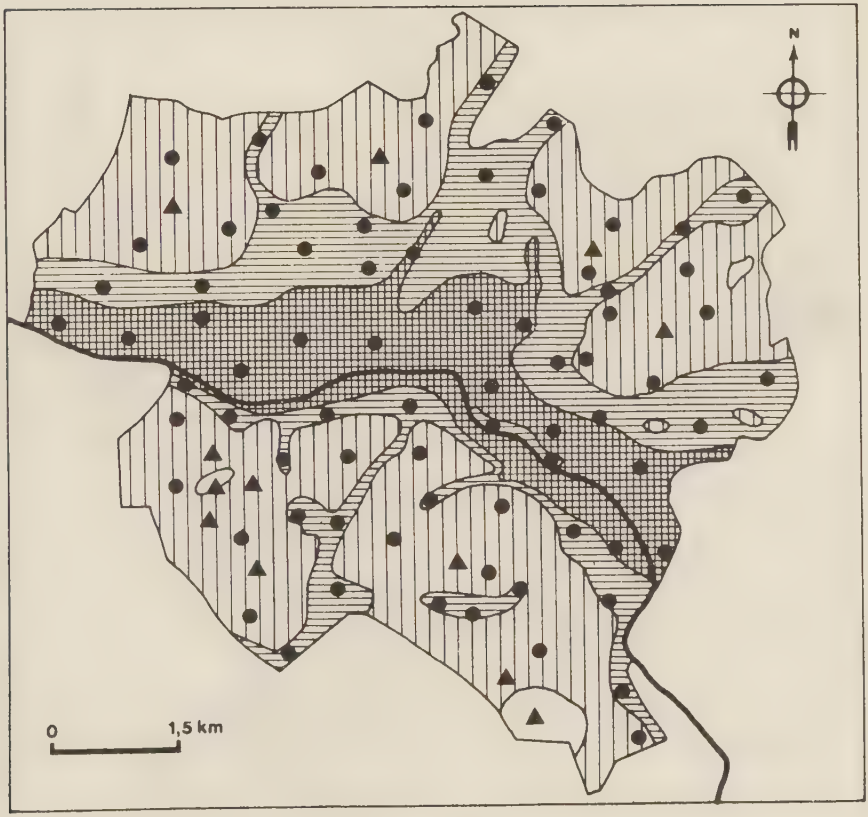
Abbildung 21:



9 ▲ Lecanora chlarotera

10 ● Lecanora hageni

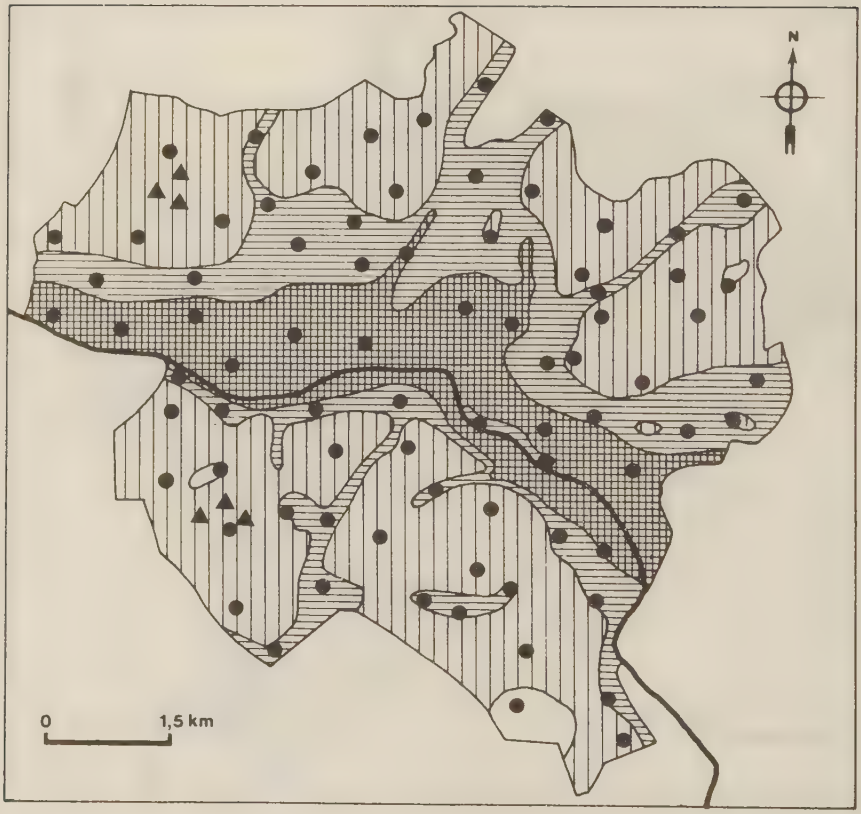
Abbildung 22:



11 ● Lecanora varia

12 ▲ Lecidea scalaris

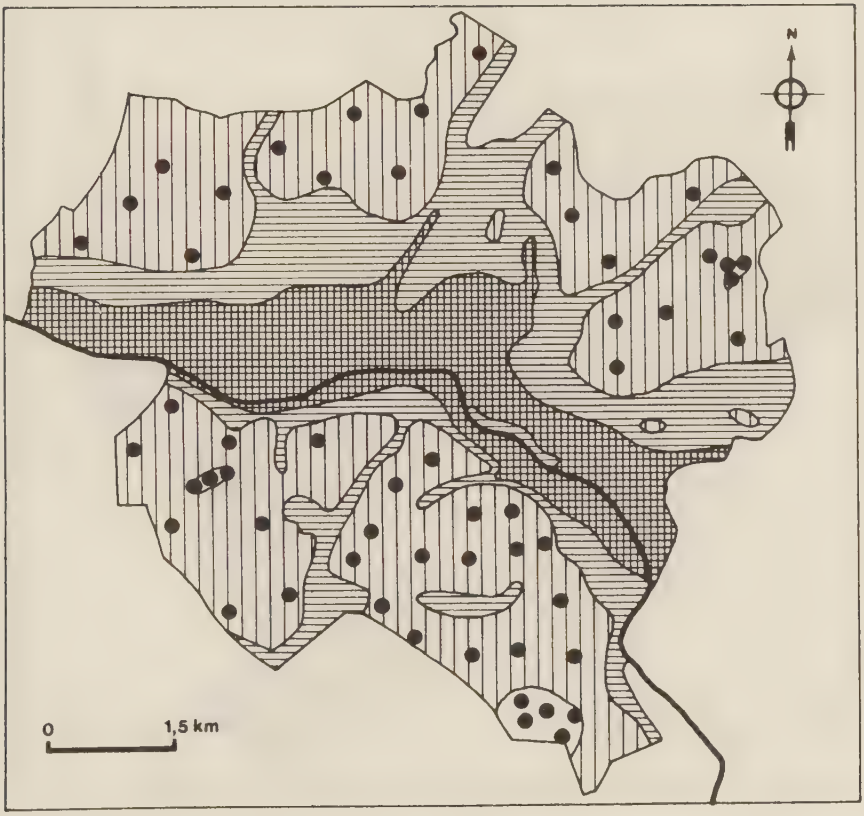
Abbildung 23:



13 ● Lepraria aeruginosa

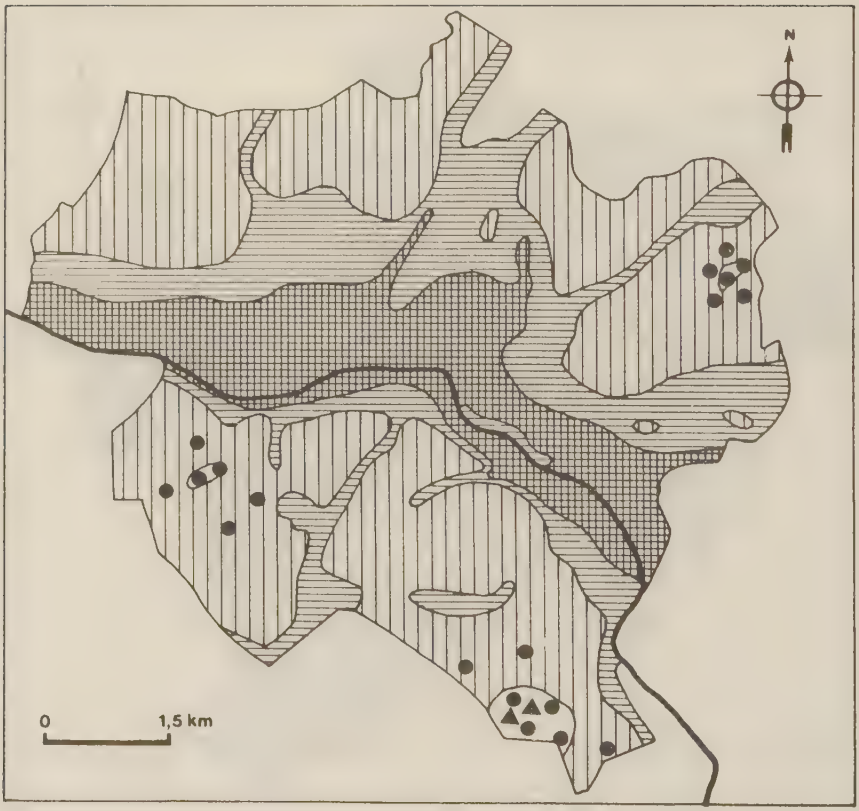
14 ▲ Lepraria candelaris

Abbildung 24:



15 ● Parmelia acetabulum

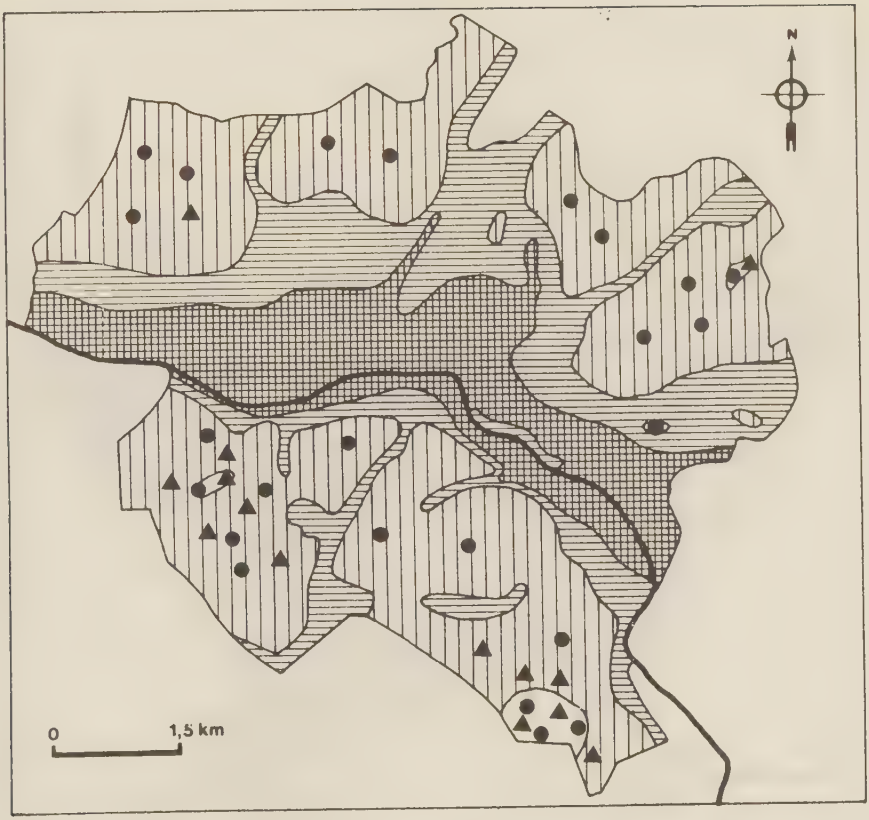
Abbildung 25:



16 ● Parmelia exasperatula

17 ▲ Parmelia fuliginosa

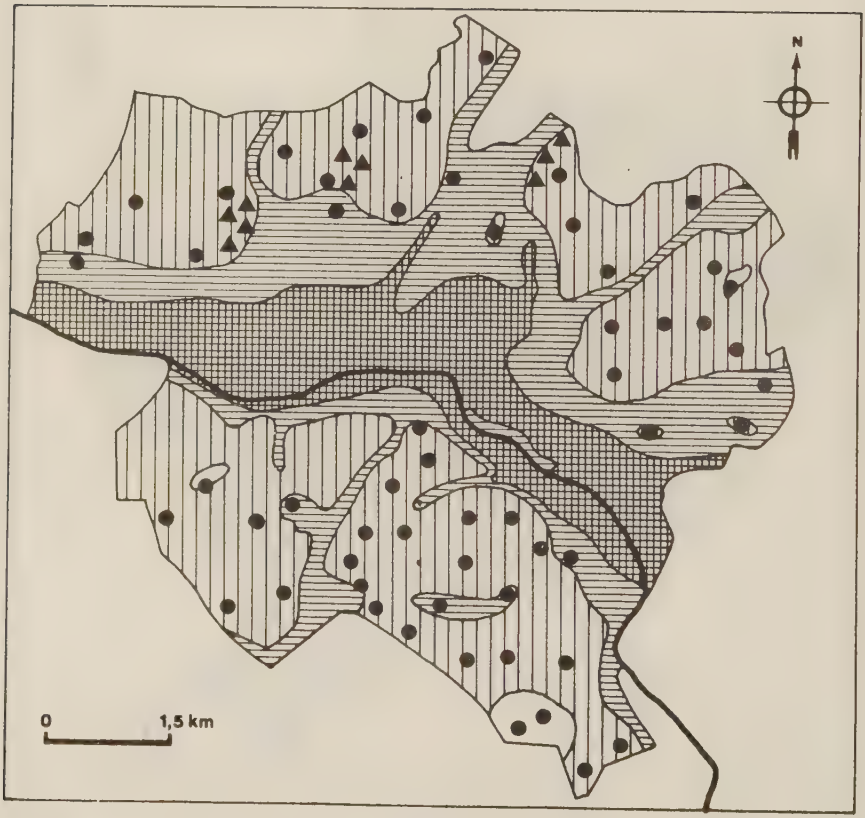
Abbildung 26:



18 ● Parmelia saxatilis

19 ▲ Parmelia subrudecta

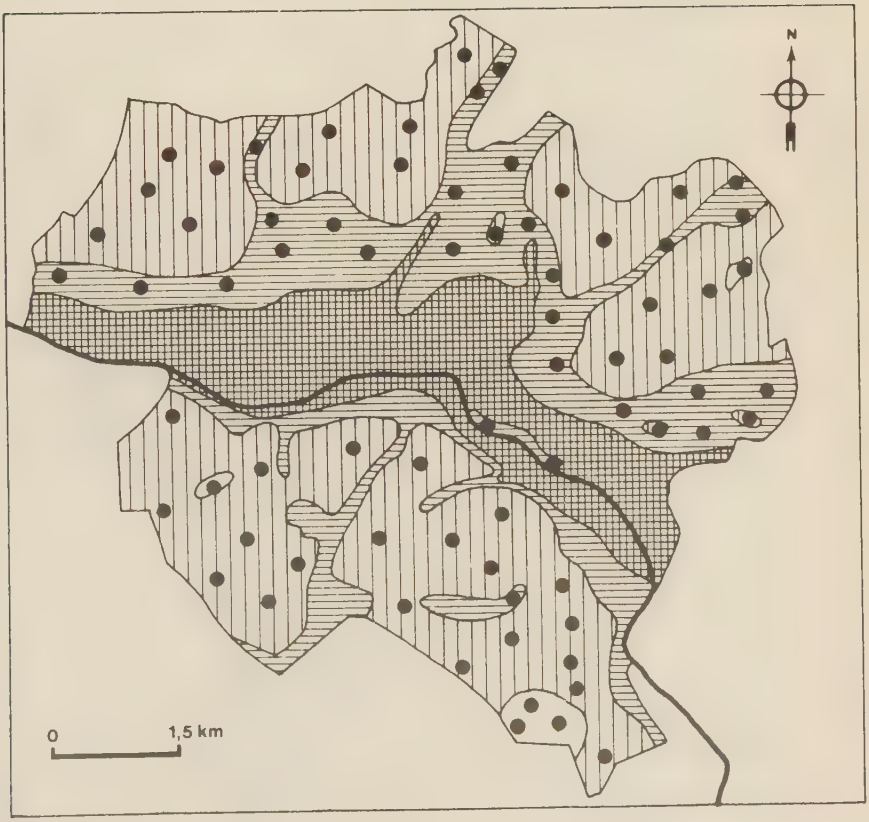
Abbildung 27:



20 ● Parmelia sulcata

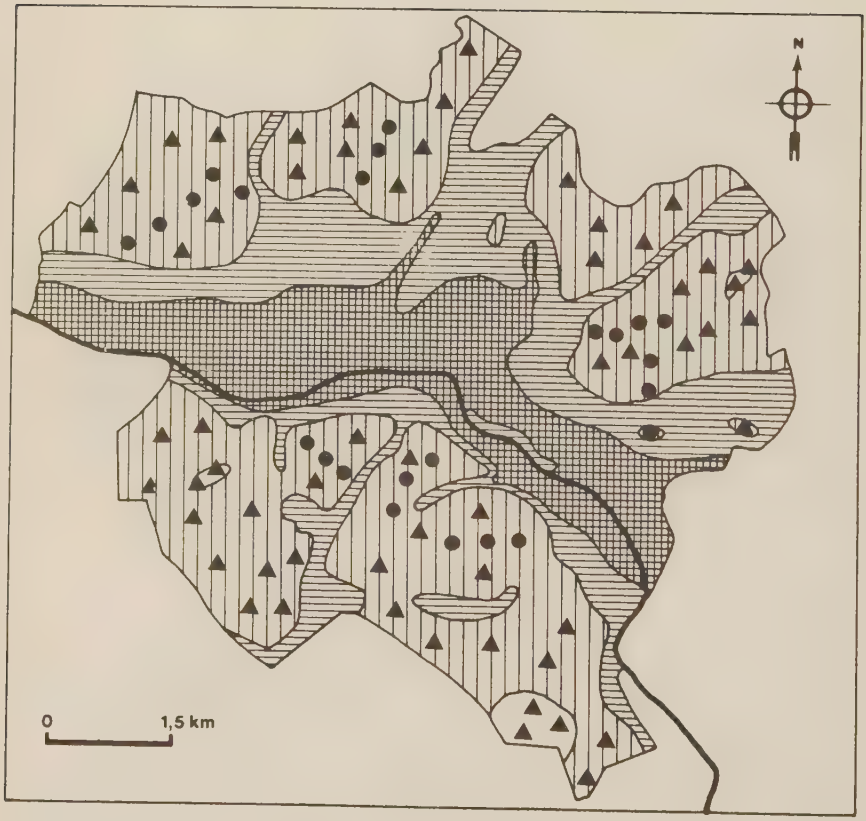
21 ▲ Pertusaria albescens

Abbildung 28:



22 ● Physcia ascendens

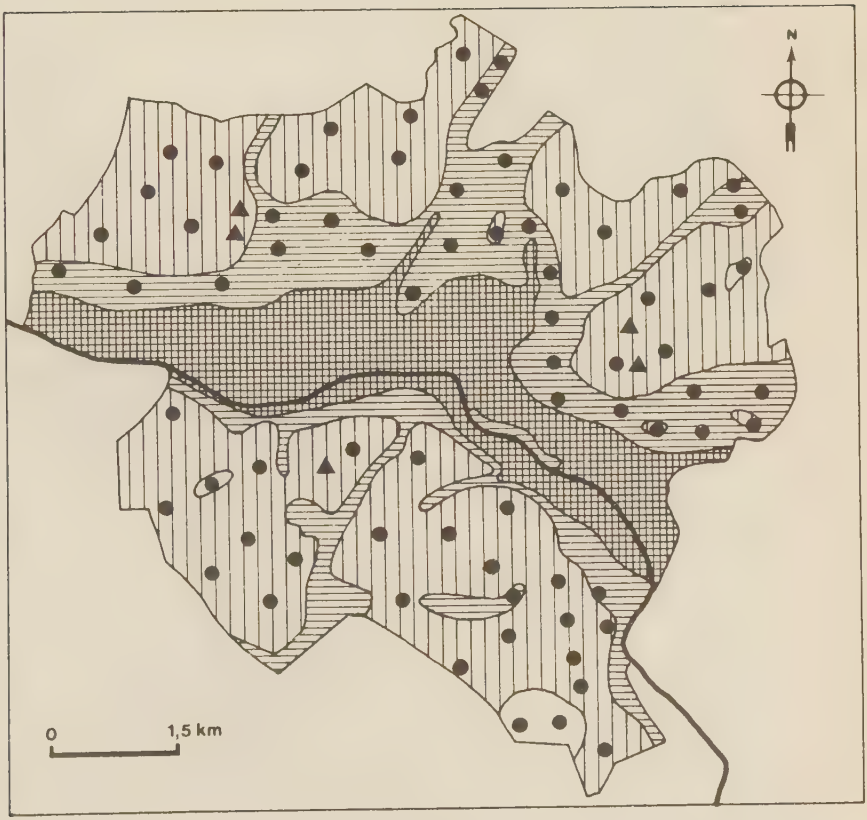
Abbildung 29:



23 ● Physcia dubia

24 ▲ Physcia orbicularis

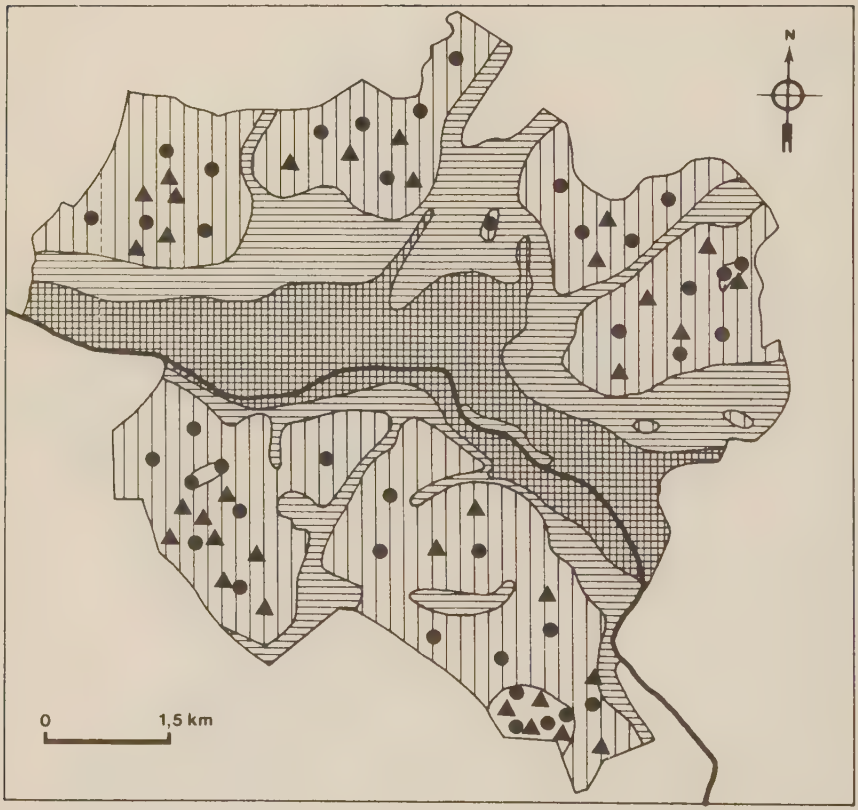
Abbildung 30:



25 ● Physcia tenella

26 ▲ Physconia grisea

Abbildung 31:



27 ● Xanthoria candelaria

28 ▲ Xanthoria parietina

4.2.2. I.A.P.-Wert-Berechnung

Die errechneten Q-Werte (Toxitoleranzwerte) der einzelnen Arten (vgl. Kap. 2.2.3.) und die Häufigkeit des Artenvorkommens zeigt Tabelle 21.

Tabelle 21: Toxitoleranz der Flechtenarten in Saarbrücken und die Häufigkeit ihres Vorkommens

Artname	Q-Wert	Vorkommen
Lepraria aeruginosa	3,8	320
Lecanora varia	3,9	459
Lecanora hageni	4,4	21
Buellia punctata	5,6	176
Candelariella vitellina	5,8	95
Caloplaca pyracea	6,5	39
Lepraria candelaris	6,6	12
Candelariella xanthostigma	7,0	34
Physcia ascendens	8,1	106
Physcia dubia	8,1	18
Physcia tenella	8,2	98
Physcia orbicularis	8,4	94
Parmelia sulcata	8,5	53
Lecidea scalaris	8,5	19
Physconia grisea	9,9	5
Parmelia acetabulum	10,1	50
Lecanora carpinea	10,3	13
Pertusaria albescens	10,3	10
Parmelia saxatilis	10,5	27
Hypogymnia physodes	10,5	45

Artname	Q-Wert	Vorkommen
Xanthoria candelaria	10,6	42
Lecanora chlarona	10,7	19
Parmelia exasperatula	10,9	19
Lecanora chlarotera	11,2	3
Xanthoria parietina	11,4	38
Parmelia fuliginosa	11,4	2
Parmelia subrudecta	11,6	14
Evernia prunastri	12,7	7

Da sich der Q-Wert einer Art aus der Anzahl ihrer Standorte und der Zahl ihrer Begleitarten am jeweiligen Standort errechnet, kann dieser Wert nicht generell für eine Art festgelegt werden, sondern muß in unterschiedlichen Räumen immer wieder neu ermittelt werden. Die Toxitoleranz einer Flechte und ihre Stellenäquivalenz in der Toleranzhierarchie kann je nach Untersuchungsgebiet (bedingt durch edaphische, klimatische und anthropogene Faktoren) variieren (vgl. KIRSCHBAUM 1972; HEIDT 1974).
Der f-Wert, als subjektive Bonitierung, wird von LeBLANC & DE SLOOVER (1970) anhand der Ausdehnung des Bewuchses und der Häufigkeit des Vorkommens jeder Art an einer Station geschätzt und einem Zahlenwert einer willkürlichen Bewuchsskala (1-5) zugeordnet.
Dabei bedeuten:

f = 5 - sehr häufige Art, an den meisten Bäumen starker Bewuchs, hoher Häufigkeitsgrad
f = 4 - häufig oder hoher Häufigkeitsgrad, starker Bewuchs dieser Art an einigen Bäumen
f = 3 - nicht häufig oder mittlerer Häufigkeitsgrad an einigen Bäumen

f = 2 - seltene Art mit geringer Dominanz
f = 1 - sehr seltene Art mit sehr geringer Dominanz

Vom Verfasser wird der f-Wert modifiziert, um eine größere Genauigkeit zu erreichen (vgl. Kap. 2.2.3.). f ist die Summe aus Dominanz, Vitalität und einigen wichtigen ökologischen Standortfaktoren (vgl. Kap. 2.2.2.). Ein hoher f-Wert (Maximum f=18) bedeutet optimale, ein geringer f-Wert (Minimum f=3) pessimale Standortsbedingungen. In den Abbildungen 32 bis 39 (S. 116-123) soll die Streuung der f-Werte einiger Flechtenarten im Stadtgebiet aufgezeigt werden. Der f-Wert ist ein Kriterium, um geeignete Indikatorarten auszuscheiden. Lichenen mit einer geringen f-Amplitude (z.B. Hypogymnia physodes) sind zu Indikatorzwecken weniger geeignet als z.B. Parmelia sulcata oder Pyscia ascendens (vgl. Abb. 38, 36 u. 34) mit einer höheren f-Amplitude.
Der I.A.P.-Wert eines Untersuchungsstandortes ist die Summe der Produkte aller Q x f der an einer Station befindlichen Flechten. Diese Summe wird durch den Faktor 10 dividiert, um eine kleinere Zahl zu bekommen (vgl. Tab. 22).

Tabelle 22: I.A.P.-Wert der Station 655 (Winterberg-Osthang G/8) Höhe 280m NN

Flechtenart	D	V	L	W	U	f	Q	Q x f
Lecanora varia	2	5	2	1	1	11	3,9	42,9
Lepraria aerug.	1	5	2	1	1	10	3,8	38,0
Parmelia sulcata	3	2	2	1	1	9	8,5	76,5
Physcia ascend.	3	3	2	1	1	10	8,1	81,0
Physcia dubia	2	3	2	1	1	9	8,1	72,9
Physcia orbic.	2	3	2	1	1	9	8,4	75,6
							$\sum$(Q x f)/10	38,69

D = Dominanz, V = Vitalität, L = Licht, W = Wind, U = Feuchtigkeit,

Abbildung 32: f-Werte der Flechte Lecanora varia

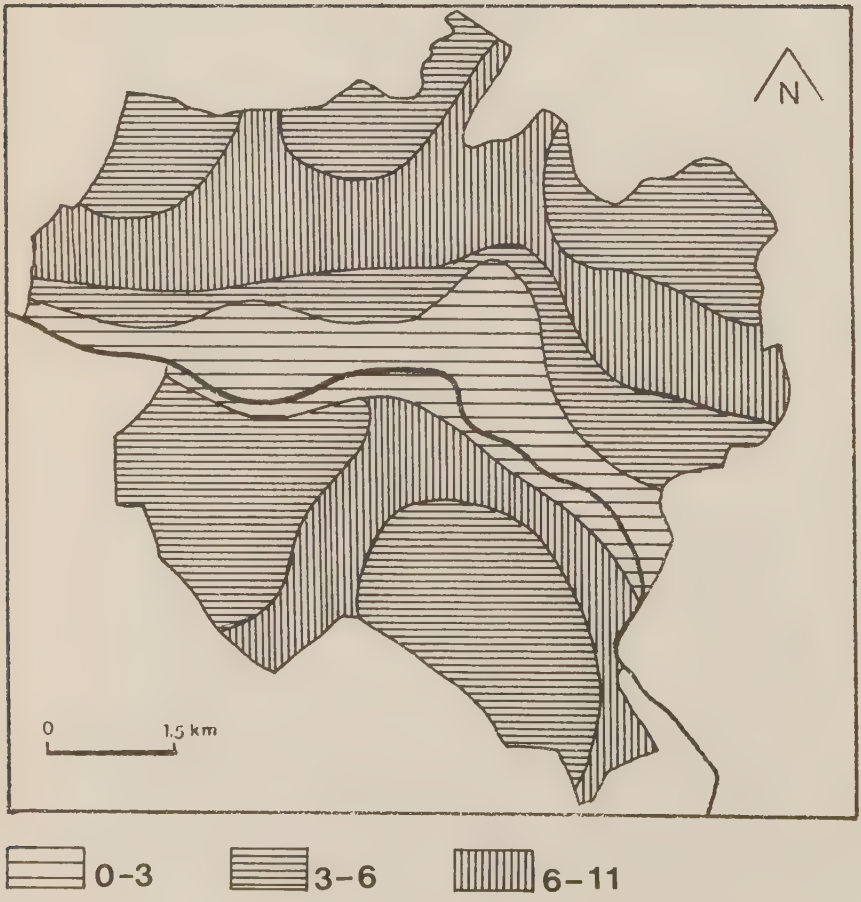


Abbildung 33: f-Werte der Flechte Candelariella xanthostigma

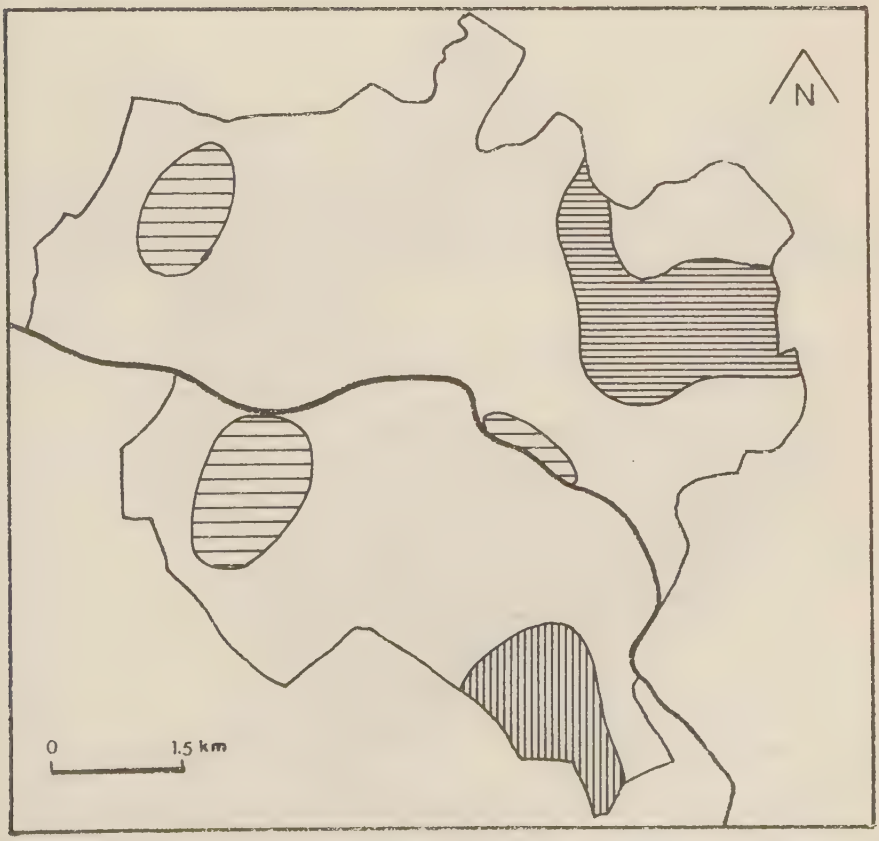


Abbildung 34: f-Werte der Flechte Physcia ascendens

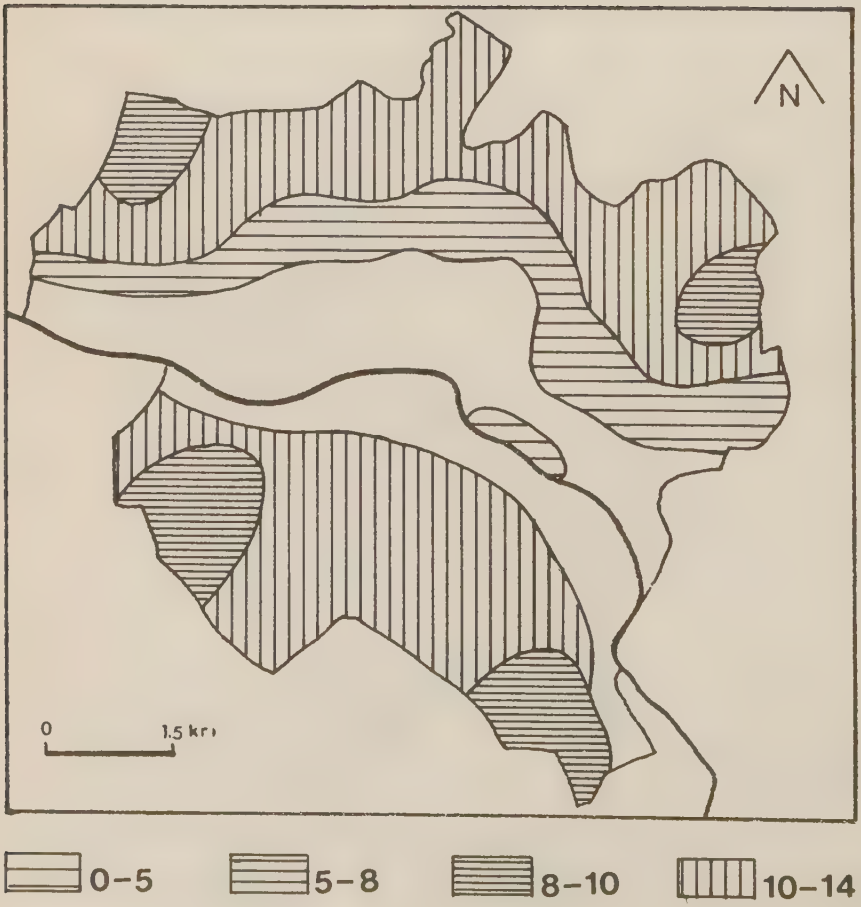


Abbildung 35: f-Werte der Flechte Physcia tenella

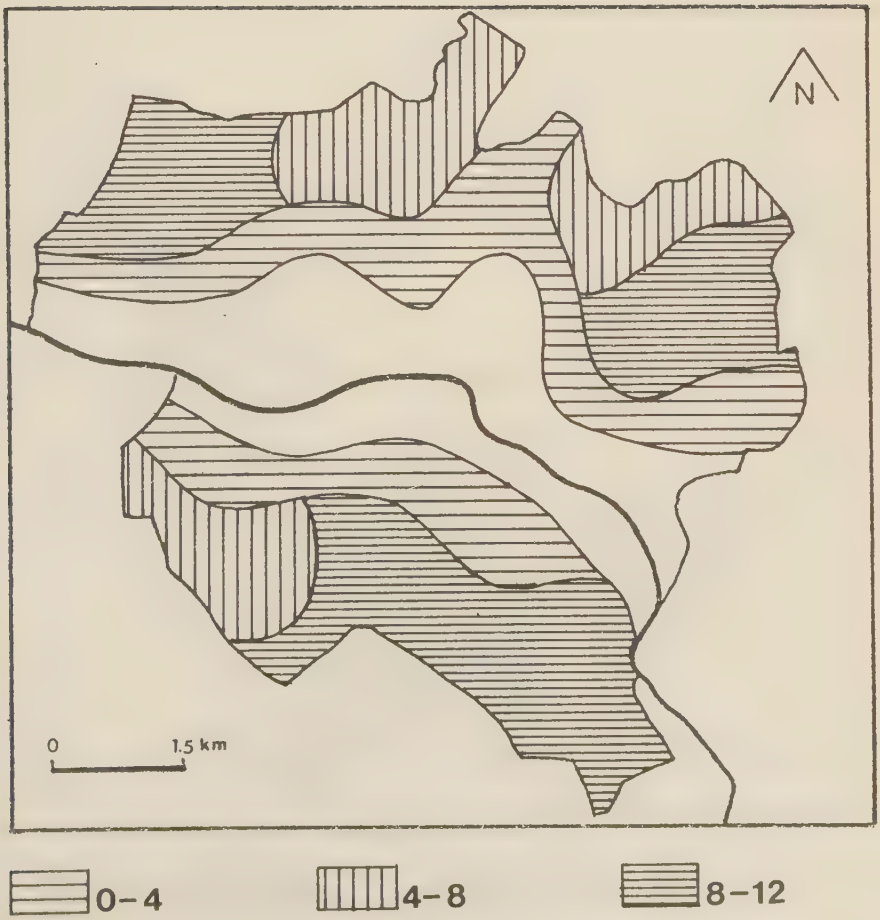
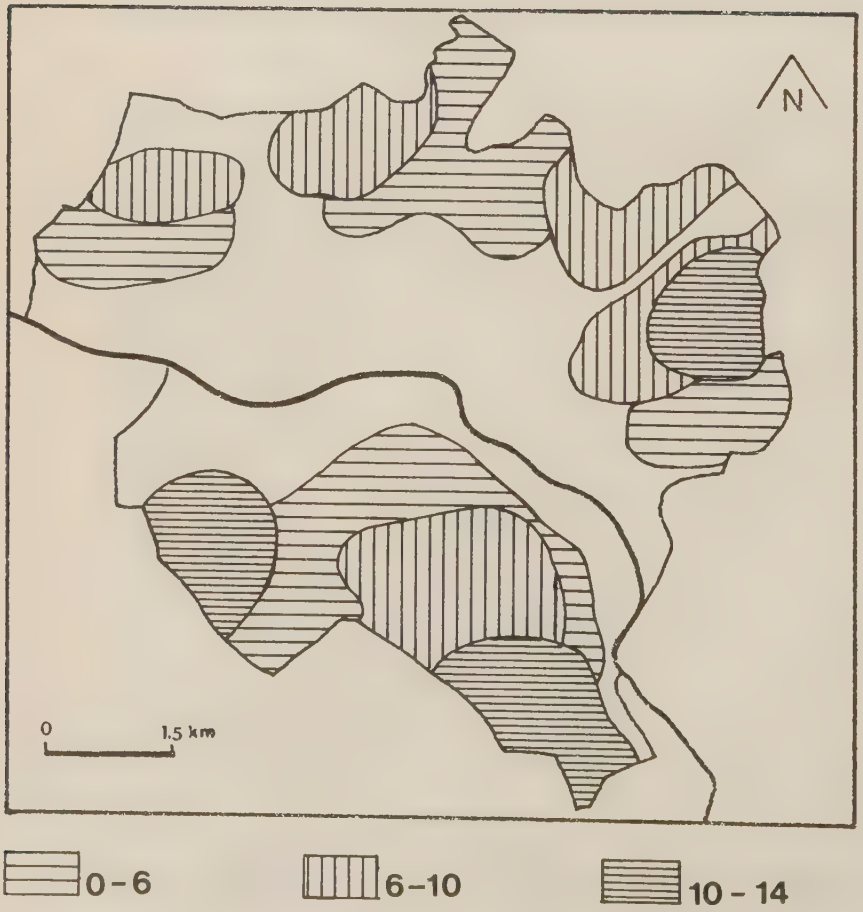


Abbildung 36: f-Werte der Flechte Parmelia sulcata



obildung 37: f-Werte der Flechte Parmelia acetabulum

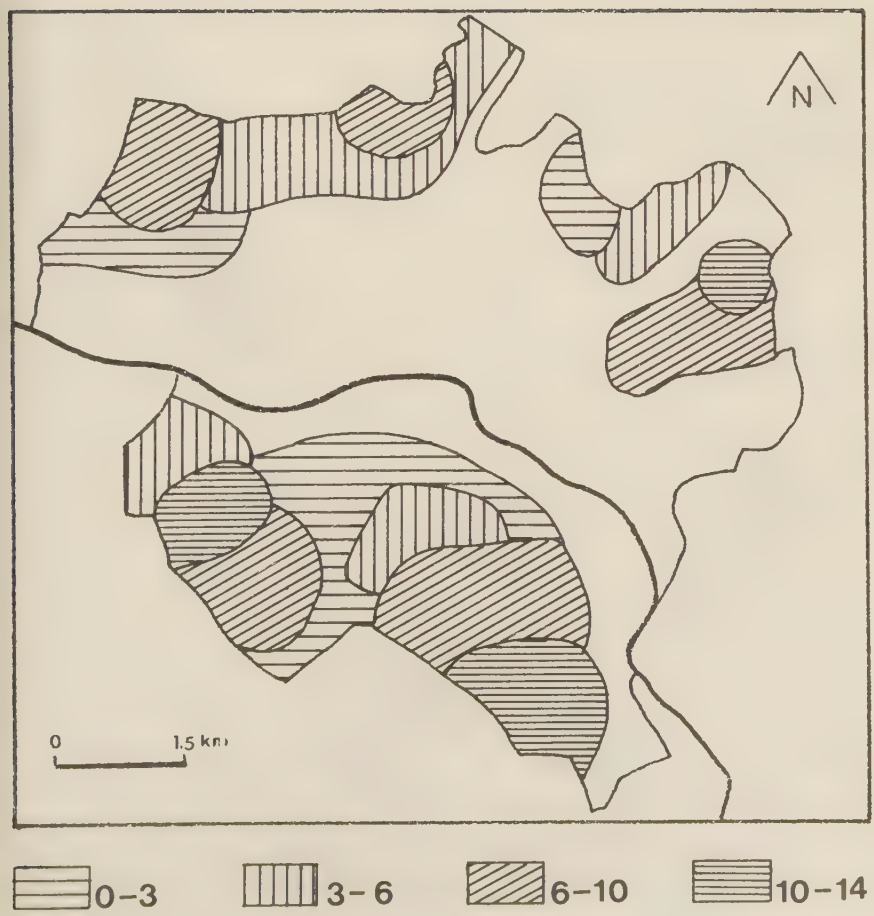


Abbildung 38: f-Werte der Flechte Hypogymnia physodes

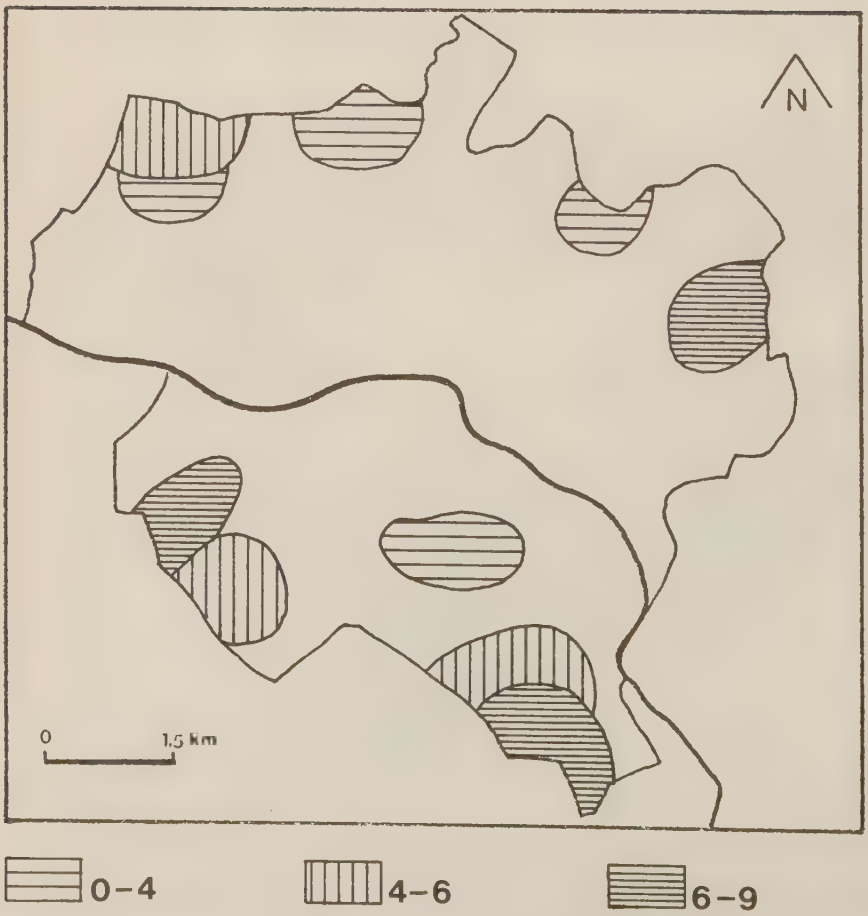
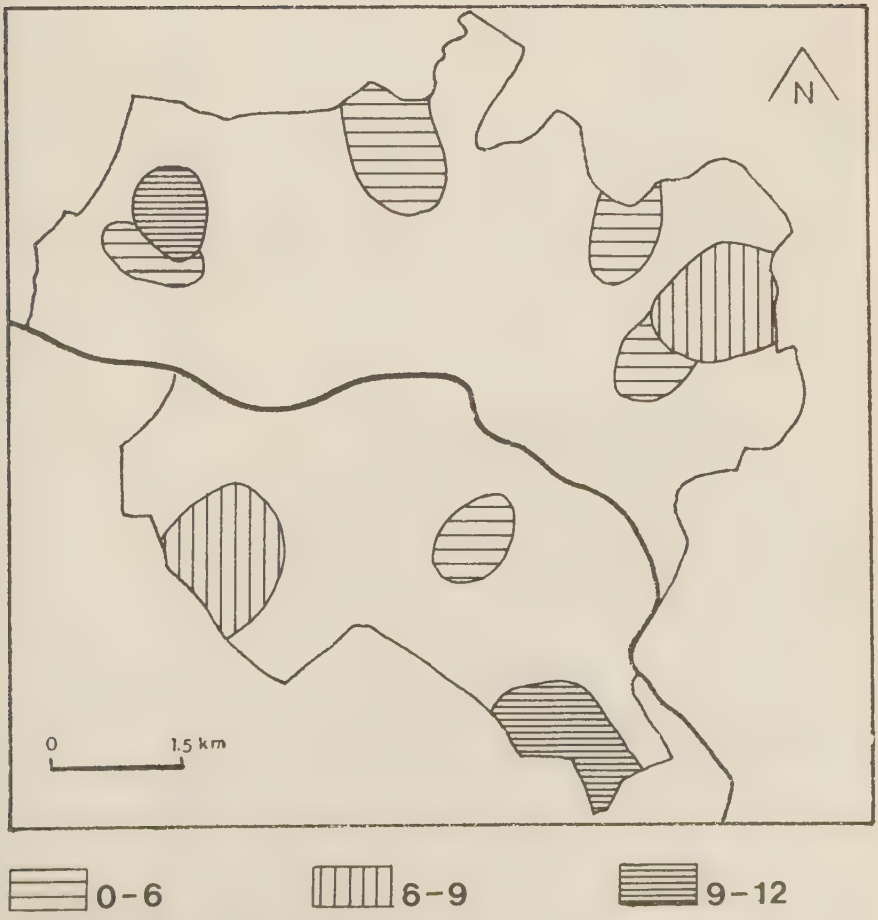


Abbildung 39: f-Werte der Flechte Xanthoria parietina



Die Verteilung der I.A.P.-Werte über die Stadt ist in Karte 5 dargestellt. Die I.A.P.-Werte sind Mittelwerte aller in einem Gebiet gemessenen Standorte und in sieben Zonen unterteilt, die den fünf Flechtenverbreitungszonen (vgl. Karte 6) entsprechen: (vgl. S. 160 ff.).

	I.A.P.-Wertbereich	Flechtenzonierung
1.	0	V
2.	1 - 5	V
3.	6 - 15	IV
4.	16 - 30	IV
5.	31 - 45	III
6.	46 - 60	III
7.	über 60	II

Es muß jedoch betont werden, daß die Extremwerte nicht berücksichtigt wurden, da es in einem größeren Raum durchaus eng begrenzte (z.B. Hofräume) und hochbelastete Teilräume gibt, die entweder aufgrund ihrer Ausdehnung nicht darstellbar sind oder das statistische Material verfälschen würden.

4.2.3. Diversitätsuntersuchungen

Die Diversität H_s mit den Variablen Art und Dominanz der Art ist ein Maß für die Stabilität einer Biozönose (vgl. NAGEL 1975). Aus (2) (vgl. Kap. 2.2.4.) ist die maximale Diversität (H_{max}) eines Standortes errechenbar:

$$H_{max} = \frac{1}{N} \log \frac{N!}{\left[\left[\frac{N}{n}\right]!\right]^{n-r} \left[\left(\left[\frac{N}{n}\right]+1\right)!\right]^{r}} \qquad (3)$$

(Erklärung der Formel 3 bei PIELOU 1969)

$$H_{max} \triangleq n \qquad (4)$$

Die "species evenness" (J_s) ist der Quotient aus H/H_{max} (vgl. PIELOU 1969; NAGEL 1975):

$$J_s = H/H_{max} \qquad (5)$$

Da der H_s-Wert von den Komponenten n und J_s abhängt, wurden diese beiden Werte in der Tabelle 23 mitberücksichtigt. Dabei handelt es sich um den Mittelwert ($\overline{H}_s$, $\overline{n}$ und $\overline{J}_s$) aller pro Planquadrat untersuchten Standorte (vgl. auch Karte 7).

Tabelle 23: $\overline{H}_s$, $\overline{n}$ und $\overline{J}_s$-Werte pro Planquadrat im Stadtgebiet von Saarbrücken

Planquadrat	$\overline{H}_s$	$\overline{n}$	$\overline{J}_s$
F/1	1,023	4,5	0,680
G/1	0,943	4,2	0,673
B/2	0,955	4,3	0,666
C/2	0,960	4,1	0,702
D/2	0,824	4,4	0,561
E/2	0,880	4,0	0,620
F/2	0,842	4,1	0,616
G/2	0,476	3,6	0,396
H/2	0,590	4,0	0,442
A/3	0,968	4,4	0,660
B/3	0,902	4,1	0,667
C/3	1,194	5,2	0,688
D/3	0,734	3,8	0,425
E/3	0,763	3,8	0,602
F/3	0,596	4,1	0,436
G/3	0,461	3,7	0,373
H/3	0,822	4,6	0,536
J/3	0,848	5,4	0,471
K/3	0,750	5,1	0,441
A/4	0,450	3,3	0,409
B/4	0,600	4,0	0,425
C/4	0,744	3,5	0,637
D/4	0,579	3,9	0,445

Tabelle 23 Fortsetzung

Planquadrat	$\overline{H}_s$	$\overline{n}$	$\overline{J}_s$
E/4	0,658	4,1	0,481
F/4	0,480	3,9	0,369
G/4	0,510	3,2	0,478
H/4	0,680	4,2	0,485
J/4	0,760	4,6	0,495
K/4	0,810	6,8	0,357
A/5	0,358	3,4	0,316
B/5	0,330	1,8	0,549
C/5	0,256	1,4	0,548
D/5	0,258	2,0	0,387
E/5	0,372	2,1	0,531
F/5	0,267	1,5	0,534
G/5	0,394	2,7	0,437
H/5	0,438	3,6	0,364
J/5	0,704	4,9	0,431
K/5	0,796	5,5	0,434
B/6	0,630	3,7	0,510
C/6	0,601	3,0	0,596
D/6	0,304	3,4	0,268
E/6	0,388	3,4	0,335
F/6	0,405	3,6	0,337
G/6	0,376	4,2	0,268
H/6	0,462	4,1	0,338
J/6	0,599	5,0	0,359
K/6	0,520	4,8	0,324
L/6	0,460	4,2	0,328
B/7	0,820	4,6	0,534
C/7	1,002	6,7	0,448
D/7	0,762	5,8	0,394
E/7	0,613	5,5	0,353
F/7	0,635	4,8	0,463
G/7	0,586	4,0	0,512
H/7	0,445	3,6	0,432

Tabelle 23 Fortsetzung

Planquadrat	$\overline{H}_s$	$\overline{n}$	$\overline{J}_s$
J/7	0,450	3,6	0,375
B/8	0,860	4,5	0,668
C/8	0,942	5,2	0,543
D/8	0,861	5,2	0,496
E/8	0,682	4,8	0,454
F/8	0,702	3,9	0,630
G/8	0,827	4,0	0,620
H/8	0,578	3,7	0,546
C/9	0,860	3,9	0,639
D/9	0,795	3,5	0,681
E/9	0,520	2,6	0,700
F/9	0,535	3,1	0,604
G/9	0,608	4,2	0,434
H/9	0,547	4,7	0,407
D/10	0,518	2,8	0,555
F/10	0,976	4,8	0,609
G/10	1,026	7,4	0,485
H/10	0,947	6,2	0,534
G/11	1,258	8,0	0,794
H/11	1,045	7,2	0,806

Die in der Tabelle 23 aufgeführten Werte werden in der Karte 7,S. 234 der Einfachheit halber modifiziert. Dabei werden die $\overline{H}_s$-Werte mit 10 multipliziert und auf eine Stelle hinter dem Komma gerundet. Die $\overline{J}_s$-Werte werden in Größenklassen eingeteilt und durch eine Schraffur dargestellt. Die $\overline{n}$ -Werte sind ebenfalls gerundet. Deshalb erscheint bei Planquadrat C/5 und F/5 (vgl. Karte 7) für $\overline{n}$ = 1, wenn er tatsächlich 1 wäre, müßte per definitionem H_s = 0 sein.

4.3. Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungen der Bodenacidität, der Stickstoffverhältnisse und der organischen Substanz im Boden erbrachten folgende Werte (vgl. Tab. 24, Abb. 40 und Karte 8):

Tabelle 24:

Standort	pH in 5 cm	pH in 20 cm	org. Sub. %	Bez.	NO_3-N bzw. NH_4-N
1. Staatswald C/2	6,00	5,85	12,15	humusreich	+
2. Jägersfreude H/2	5,20	5,05	9,25	humos	+
3. Rußhütte E/3	5,40	5,05	8,76	humos	+
4. Matzenberg A/4	6,30	5,80	20,72	Humusboden	+
5. Am Weyerbach C/4	6,30	5,90	20,60	anmoorig	+
6. Nahe-Straße D/4	5,80	5,60	14,91	humusreich	+
7. Birkenfelder-Straße F/4	5,20	5,00	6,86	humos	+
8. Universität K/3	4,80	4,75	6,74	humos	+
9. Breitenbacher-Straße D/5	6,40	5,90	6,37	humos	+
10. Prinzenweiher H/5	4,70	4,60	18,22	anmoorig	+
11. Eschberg K/5	5,50	4,95	8,90	humos	+
12. Kaninchenberg J/6	4,75	4,70	9,15	humos	+
13. Stadtwald C/7	4,70	4,55	11,84	humusreich	+
14. Am Ordensgut E/7	5,10	4,95	5,61	humos	+
15. Am Staden G/7	6,40	5,90	8,67	humos	+
16. Drahtzugweiher B/8	5,00	5,00	8,28	humos	+

Tabelle 24 Fortsetzung

17.	Winterberg G/8	5,30	5,20	12,72 humusreich	+
18.	Zinzinger-Straße D/9	4,90	4,90	8,29 humos	+
19.	Erbeldinger-hof G/9	4,90	4,75	6,03 humos	+
20.	Sonnenberg H/10	5,10	5,05	7,58 humos	+

Die sandigen Böden im Stadtbereich sind relativ schwach gepuffert, so daß sich ihr pH-Wert bei Zusatz von Säuren und Basen sehr rasch ändert. Dies zeigen die Werte vergleichbarer Standorte. Die Verteilung von Bodenart und Bodenzustand gibt die Karte 8 S. 235 wider (vgl. dazu auch Kap. 2.3.4.). Auf eine mehrmalige Überprüfung der pH-Werte zu den verschiedenen Jahreszeiten wurde verzichtet, da sich die Fragestellung nur auf epiphytische Phytozönosen beschränkt und auch eine momentane pH-Situation ausreicht, um Aziditätsunterschiede aufzuzeigen.

4.4 Untersuchungen der Baumrinden-pH-Werte

Der Rinden-pH-Wert ist ein zuverlässiges ökologisches Kriterium zur Erfassung unterschiedlicher Raumqualitäten, wenn man über genügend Meßdaten verfügt. Die Messungen der Rinden-pH-Werte bei Fagus sylvatica und Quercus petraea beschränkten sich auf die peripheren Waldflächen und waren somit für eine Aussage bezüglich des gesamten Stadtgebietes ungeeignet. Die Durchschnitts-pH-Werte aller pro Planquadrat untersuchten Eichen und Buchen in den sechs

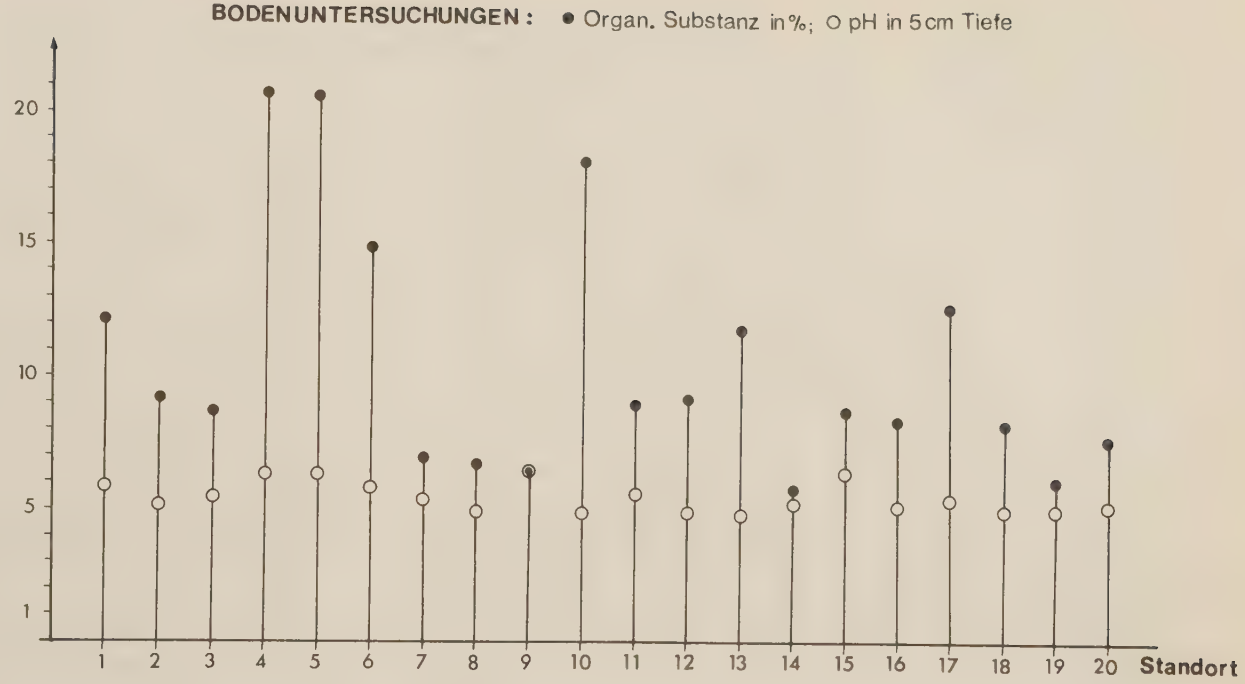

BODENUNTERSUCHUNGEN : ● Organ. Substanz in %; ○ pH in 5 cm Tiefe
20
15
10
5
1
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
Standort

Abb. 40

großen Waldflächen (vgl. Karte 1 S. 228) gibt die Tabelle 25 wider:

Standort Planquadrate	$\overline{pH}$ Fagus	$\overline{pH}$ Quercus
1. Staatswald-Fischbach B/2 - C/2; A/3 - C/3; A/4 - C/4	5,26	4,40
2. Staatswald-Fischbach F/1 - G/1; D/2 - F/2; D/3 - F/3	5,54	4,43
3. Stadtwald-St. Johann H/2; G/3 - K/3; H/4 - J/4	5,65	4,82
4. Stadtwald-St. Johann (Schwarzenberg) J/4 - K/4	5,60	4,70
5. Stiftswald-St. Arnual F/9 - H/9; F/10 - H/10; G/11 - H/11	5,75	4,40
6. Stadtwald-Alt-Saarbrücken B/6 - D/6; B/7 - D/7; B/8 - D/8	5,22	4,42

Aus den Werten der Tabelle 25 läßt sich schon eine Zonierung erkennen. Die geringe Schwankungsbreite der pH-Werte erklärt sich durch den Glättungseffekt bei der Mittelwertsberechnung, da Werte eines relativ großen Areales gemittelt wurden. Eine deutlichere Zonierung läßt sich bei den Rinden-pH-Werten der Baumarten Acer, Aesculus, Betula, Malus, Platanus und Robinia, die im gesamten Stadtbereich auftreten, erkennen (vgl. Tabelle 26, S. 132 u. Abbildung 41-44, S. 133-136).

Tabelle 26: Rinden-pH-Werte von Acer (A), Aesculus (AE), Betula (B), Malus (M), Platanus (PL) und Robinia (R)

Standort	A	AE	B	M	PL	R
F/1-G/1	5,55	-	-	-	-	-
F/2-G/2	5,55	-	-	-	-	3,12
F/3-G/3	5,54	4,25	3,34	-	3,50	3,26
F/4-G/4	5,60	4,36	3,12	5,25	3,75	3,15
F/5-G/5	5,73	5,05	3,94	5,30	4,15	3,20
F/6-G/6	5,78	5,55	3,76	5,46	5,05	3,35
F/7-G/7	5,74	4,95	3,76	5,40	5,50	3,30
F/8-G/8	5,62	4,76	3,50	5,42	5,13	3,28
F/9-G/9	5,67	4,74	3,55	5,30	4,26	3,30
F/10-G/10	5,58	4,82	3,60	-	-	3,25
G/11	5,61	-	3,65	-	-	-
A/5	5,56	4,05	-	5,30	3,65	3,20
B/5-B/6	5,53	4,05	-	5,35	3,54	3,20
C/5-C/6	5,58	4,41	3,40	5,30	3,60	3,24
D/5-D/6	5,67	4,63	3,40	5,39	4,23	3,20
E/5-E/6	5,63	4,95	3,75	5,40	4,30	3,32
F/5-F/6	5,69	5,15	3,79	5,45	4,28	3,30
G/5-G/6	5,80	5,72	3,82	5,45	4,95	3,36
H/5-H/6	5,66	5,20	4,38	5,45	4,88	3,30
J/5-J/6	5,61	4,64	3,73	5,30	4,60	3,28
K/5-K/6	5,61	4,62	3,50	5,20	4,52	3,30

Die Standorte F/1-G/1 bis G/11 stellen eine Nord-Süd-Zone, A/5 bis K/5-K/6 eine West-Ost-Zone dar.

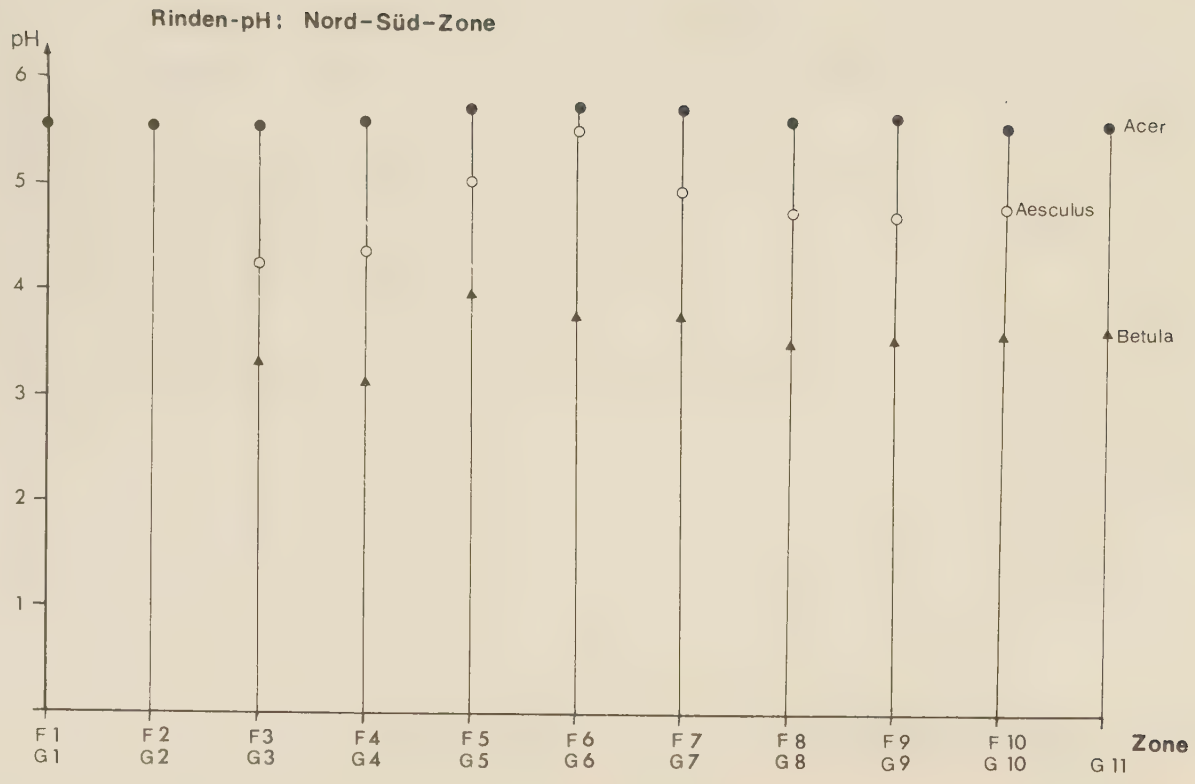

Rinden-pH: Nord-Süd-Zone
pH
6
5
4
3
2
1
Acer
Aesculus
Betula
F 1 G 1
F 2 G 2
F 3 G 3
F 4 G 4
F 5 G 5
F 6 G 6
F 7 G 7
F 8 G 8
F 9 G 9
F 10 G 10
G 11
Zone

Abb. 41

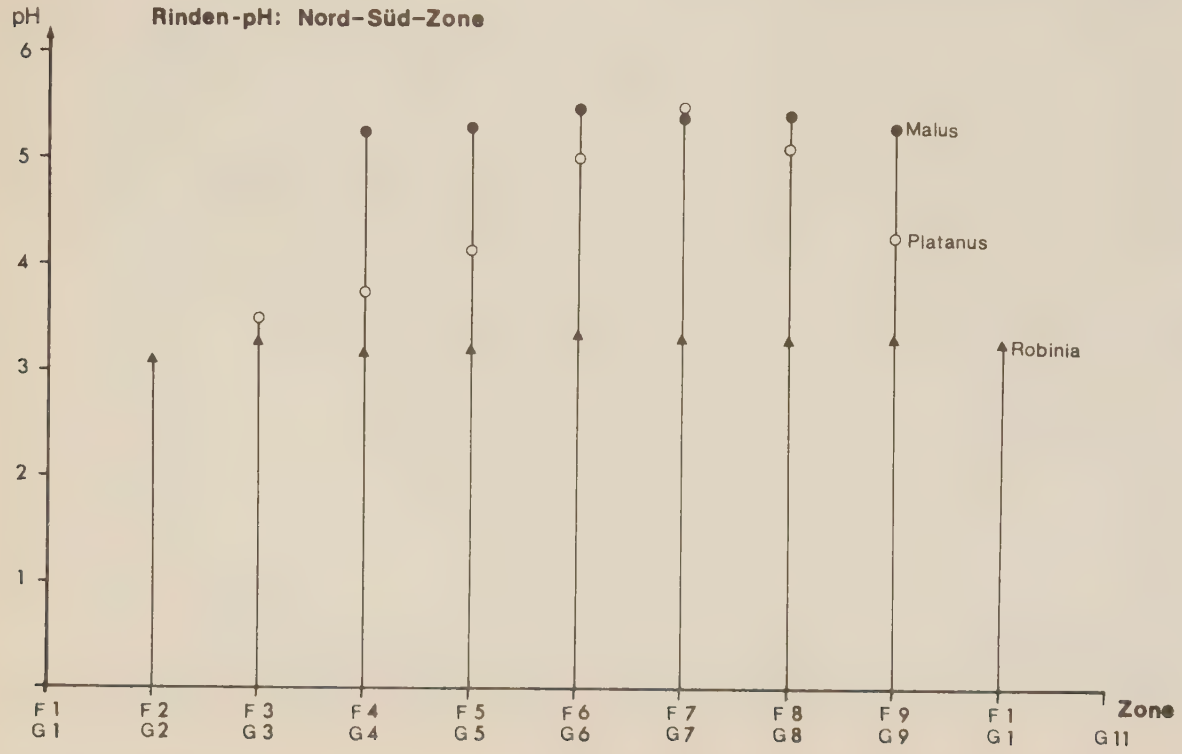

pH
Rinden-pH: Nord–Süd-Zone
6
5
4
3
2
1
Malus
Platanus
Robinia
F 1 G 1
F 2 G 2
F 3 G 3
F 4 G 4
F 5 G 5
F 6 G 6
F 7 G 7
F 8 G 8
F 9 G 9
F 1 G 1
G 11
Zone

Abb. 42

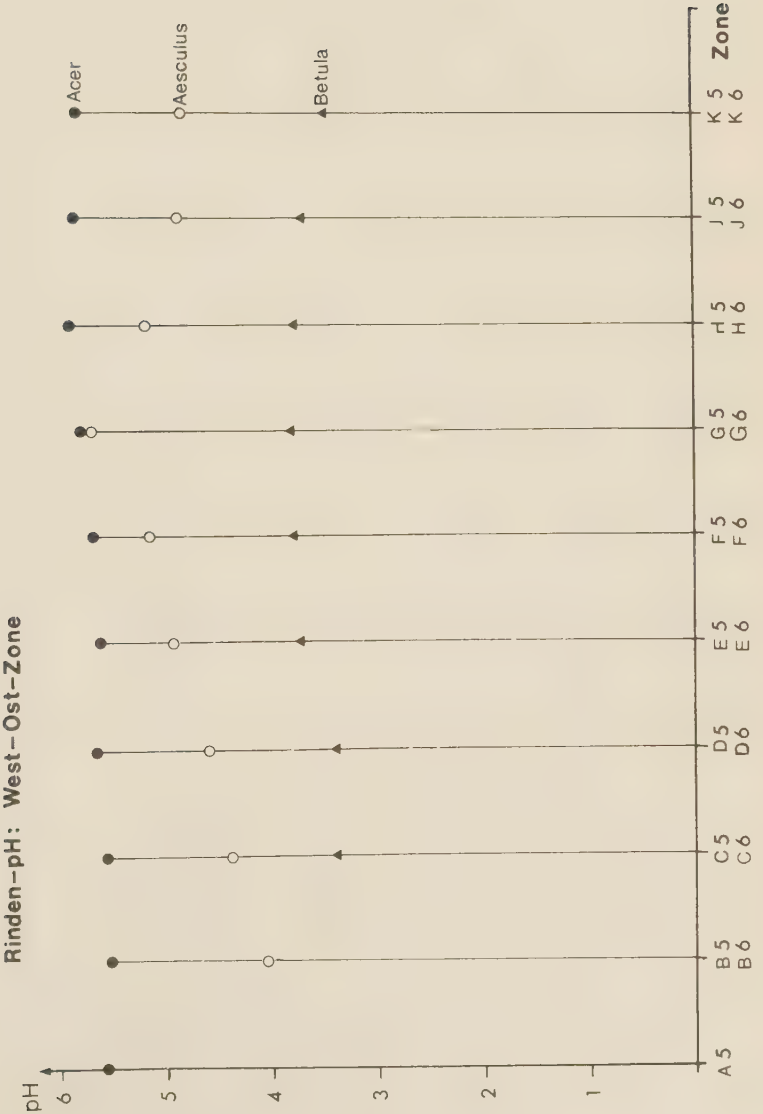

Rinden-pH: West-Ost-Zone
pH
6
5
4
3
2
1
Acer
Aesculus
Betula
A 5
B 5
B 6
C 5
C 6
D 5
D 6
E 5
E 6
F 5
F 6
G 5
G 6
H 5
H 6
J 5
J 6
K 5
K 6
Zone

Abb. 43

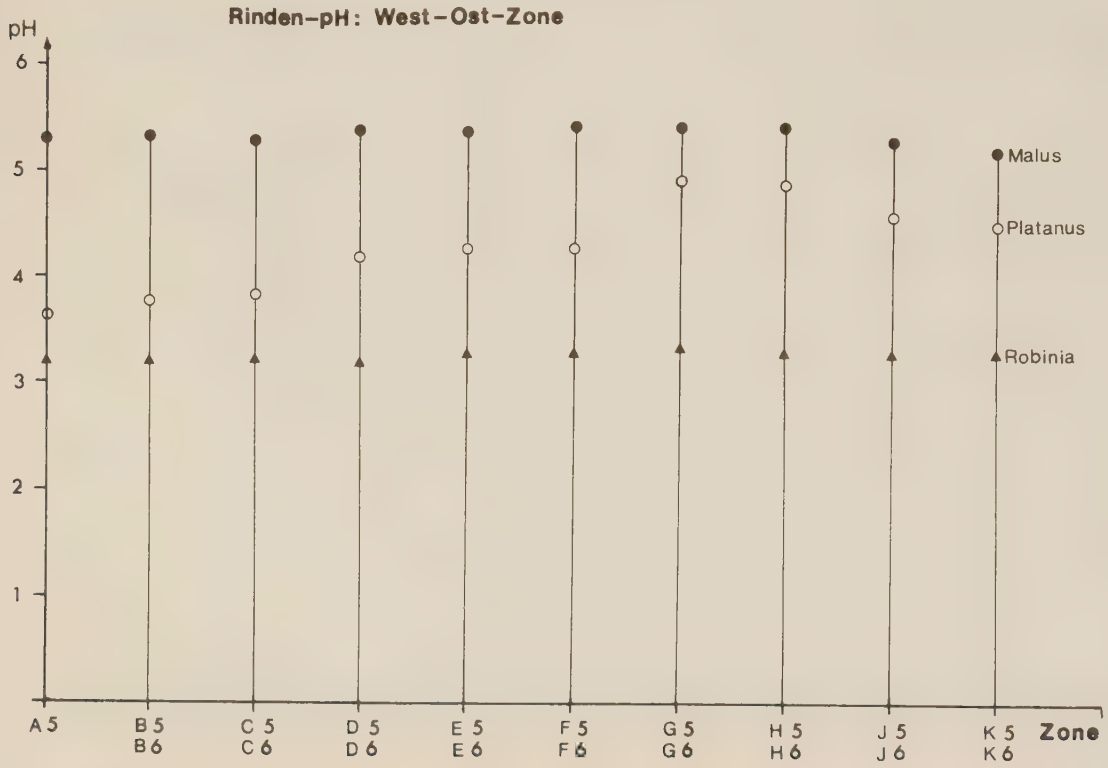

Rinden-pH: West-Ost-Zone
pH
6
5
4
3
2
1
Malus
Platanus
Robinia
A 5
B 5
B 6
C 5
C 6
D 5
D 6
E 5
E 6
F 5
F 6
G 5
G 6
H 5
H 6
J 5
J 6
K 5
K 6
Zone

Abb. 44

4.5. Staubmessungen

Die Staubmessungen (vgl. Kap. 2.5.) wurden in der regenfreien Zeit (24.Juli - 11.August 1975) durchgeführt. Die dazu verwendeten Haftfolien wogen leer im Mittel (bei 50 Kontrollwägungen) 0,0481 Gramm[1]. Die Staubwerte der einzelnen Planquadrate sind Mittelwerte aller untersuchten Standorte (vgl. Tabelle 27 u. Karte 9 S.236). Die in der Tabelle angegebenen Grammwerte beziehen sich auf das Gewicht der Haftfolie plus dem daran klebenden Staub. Die Staubkorngrößen sind Mittelwerte in µ, wobei nur die Körnchen berücksichtigt wurden, die mit dem Meßokular abmeßbar waren.

Tabelle 27: Staubmessungen mit Haftfolien

Planquadrat	Haftfoliengewicht	Korngr. in µ	Planquadrat	Haftf.-gew.	Korngr. in µ
F/1	0,0515	37	C/3	0,0511	56
G/1	0,0537	40	D/3	0,0562	62
B/2	0,0499	49	E/3	0,0573	58
C/2	0,0504	35	F/3	0,0558	56
D/2	0,0511	38	G/3	0,0671	55
E/2	0,0561	43	H/3	0,0604	42
F/2	0,0545	40	J/3	0,0539	37
G/2	0,0622	49	K/3	0,0618	39
H/2	0,0550	51	A/4	0,0606	61
A/3	0,0576	52	B/4	0,0685	61
B/3	0,0538	52	C/4	0,0672	66

[1]Mein Dank gilt Herrn Dr. W. Frings (Mikrobiologie) für die Bereitstellung einer Spezialwaage.

Tabelle 27 Fortsetzung

Plan-quadrat	Haftf.-gewicht	Korngr. in µ	Plan-quadrat	Haftf.-gewicht	Korngr. in µ
D/4	0,0736	70	K/6	0,0760	67
E/4	0,0784	65	B/7	0,0628	56
F/4	0,0755	76	C/7	0,0593	50
G/4	0,0786	76	D/7	0,0712	45
H/4	0,0715	60	E/7	0,0800	48
J/4	0,0623	53	F/7	0,0769	52
K/4	0,0526	42	G/7	0,0720	54
A/5	0,0649	69	H/7	0,0844	63
B/5	0,0752	82	J/7	0,0816	60
C/5	0,0826	96	B/8	0,0633	55
D/5	0,0945	84	C/8	0,0633	49
E/5	0,0906	85	D/8	0,0681	45
F/5	0,0875	80	E/8	-	-
G/5	0,0867	83	F/8	0,0654	54
H/5	0,0782	80	G/8	0,0616	53
J/5	0,0706	65	H/8	0,0649	59
K/5	0,0638	56	J/8	-	-
B/6	0,0714	64	C/9	0,0642	52
C/6	0,0803	66	D/9	0,0630	54
D/6	0,0859	72	E/9	-	-
E/6	0,0868	70	F/9	-	-
F/6	0,0870	63	G/9	0,0620	46
G/6	0,0885	74	H/9	0,0635	41
H/6	0,0862	70	D/10	0,0626	48
J/6	0,0841	71	F/10	0,0556	44

Tabelle 27 Fortsetzung

Planquadrat	Haftfoliengewicht	Korngröße in µ
G/10	0,0496	39
H/10	0,0503	37
G/11	0,0487	22
H/11	0,0496	25

4.6. Schwefeldioxidmessungen

An fünf Stationen (vgl. Karte 1, S. 228)

1. Elisabethenstraße F/7
2. Neugrabenweg H/5
3. Am Kieselhumes J/6
4. Universität K/3
5. Koblenzer Straße C/5

wurden vom Verfasser eigene SO_2-Messungen durchgeführt (vgl. Abbildungen 45-49, S. 140-144). Die Auswahl der Stationen hatte persönliche Gründe: das Meßgerät (vgl. Kap. 2.6.) wurde leihweise zur Verfügung gestellt, so daß es aus Verantwortlichkeitsgründen nur bei Personen aufgestellt werden konnte, die das Gerät auch warten konnten. Die Meßwerte der Abbildungen 45 - 49 sind Halbstundenmittelwerte. Die ungewöhnlich hohen SO_2-Konzentrationen (über 0,2 mg/m^3) vom 21.10. $11^{\underline{00}}$ bei der Universität (vgl. Abb. 48, S. 143) sind auf Bauarbeiten mit Teer und Bitume bei bewölktem Himmel und leichter Windbewegung in Richtung des Meßgerätes zurückzuführen.

Abbildung 45:

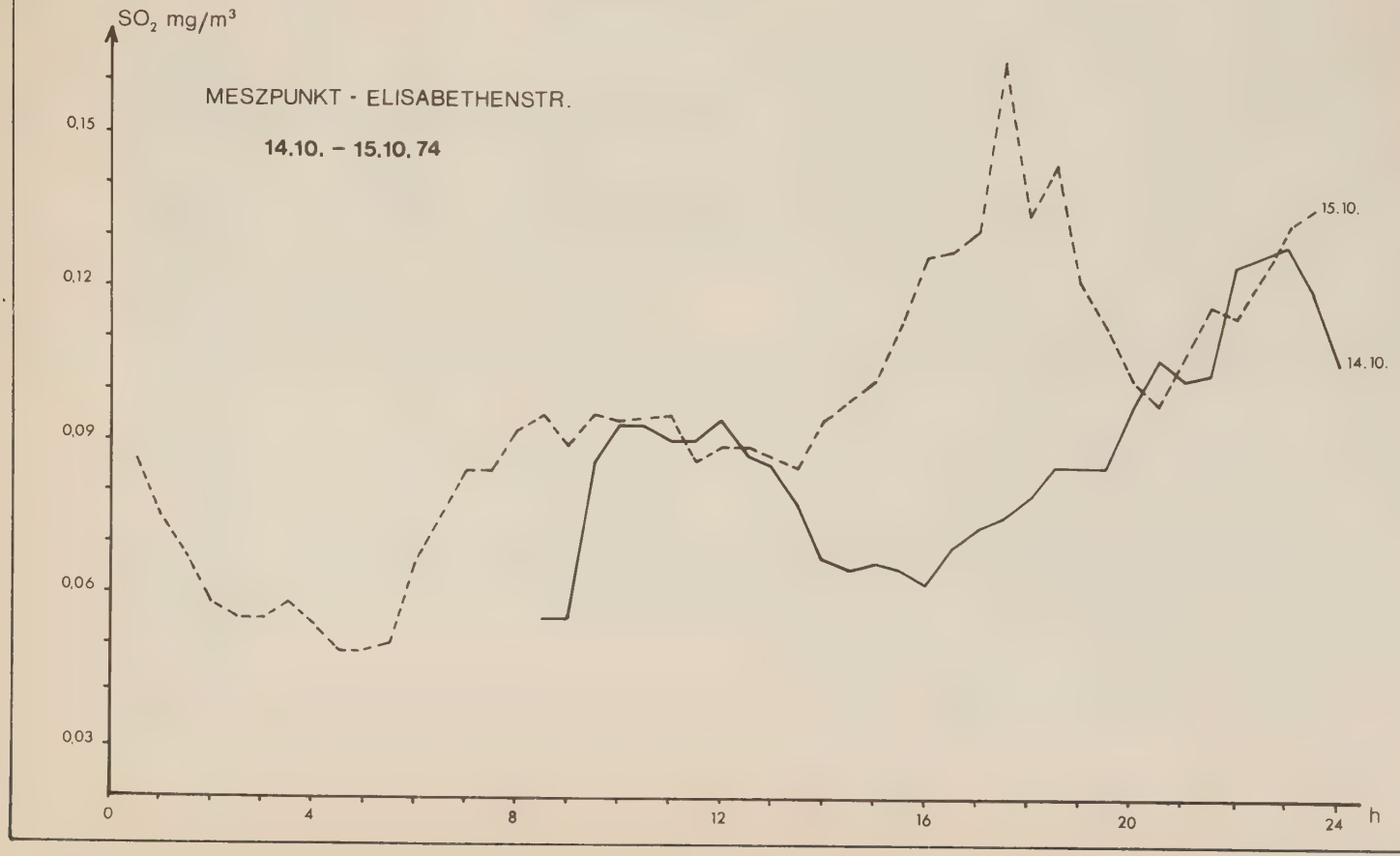


Abbildung 46:

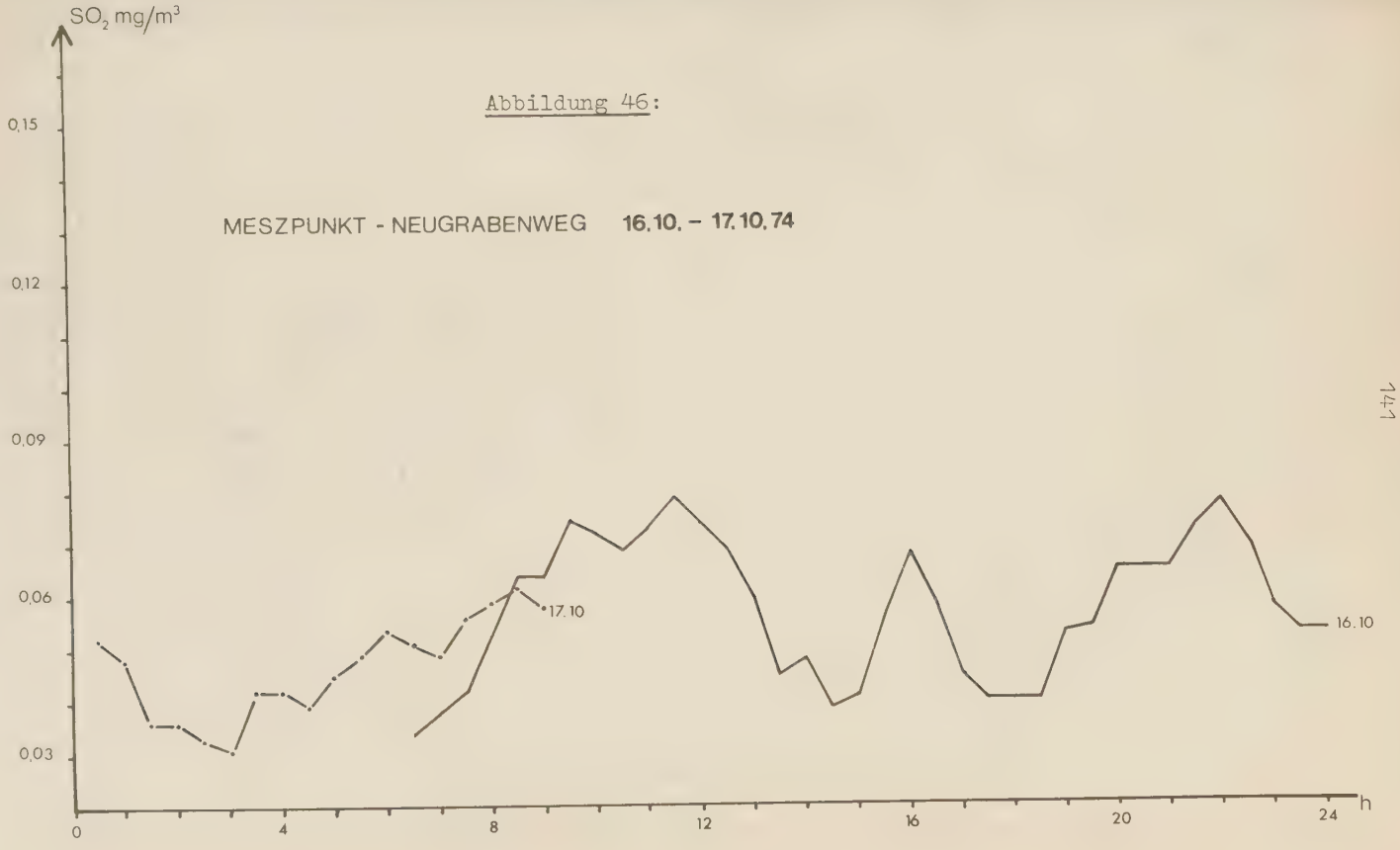


Abbildung 47:

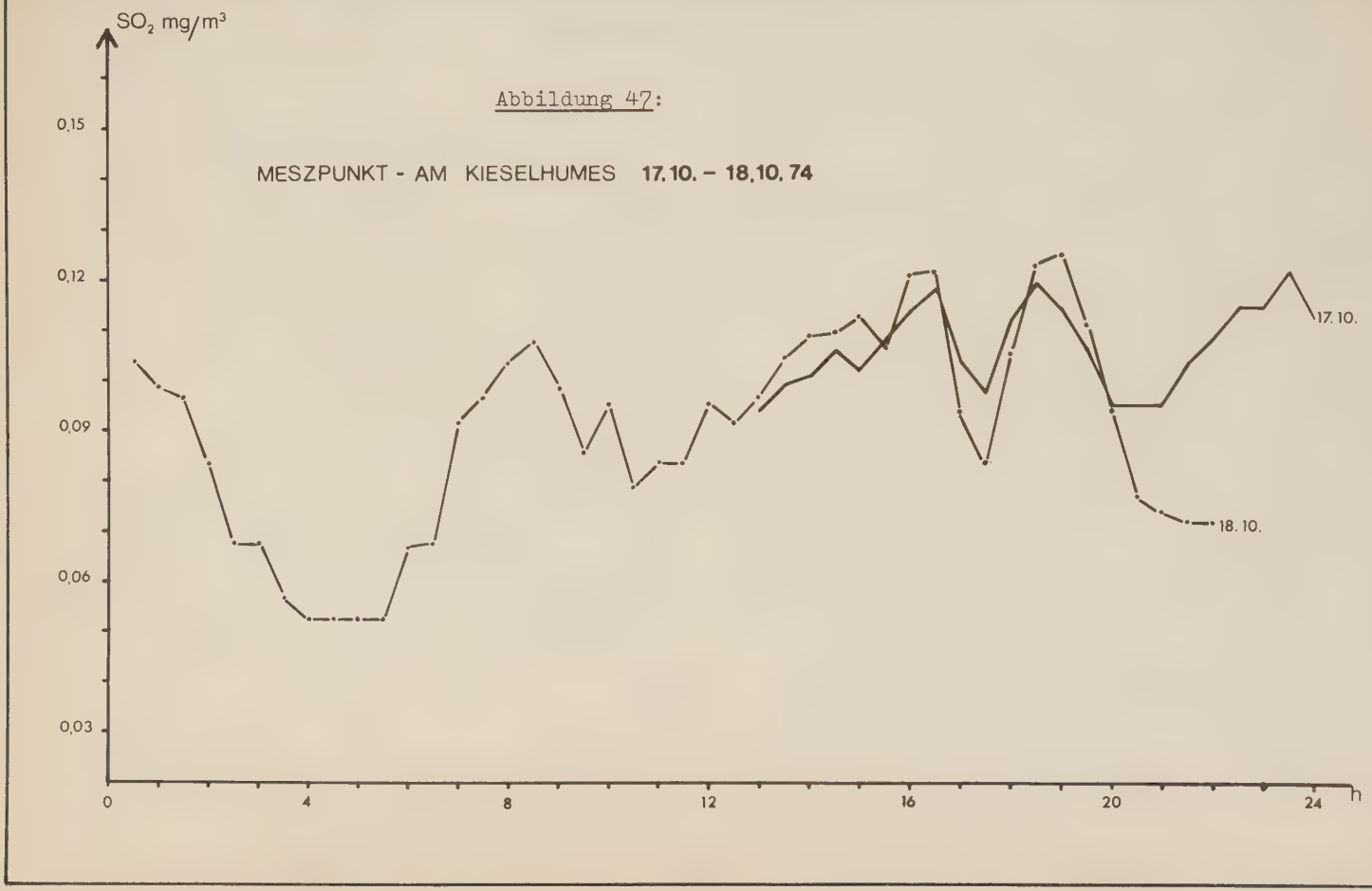


Abbildung 48:

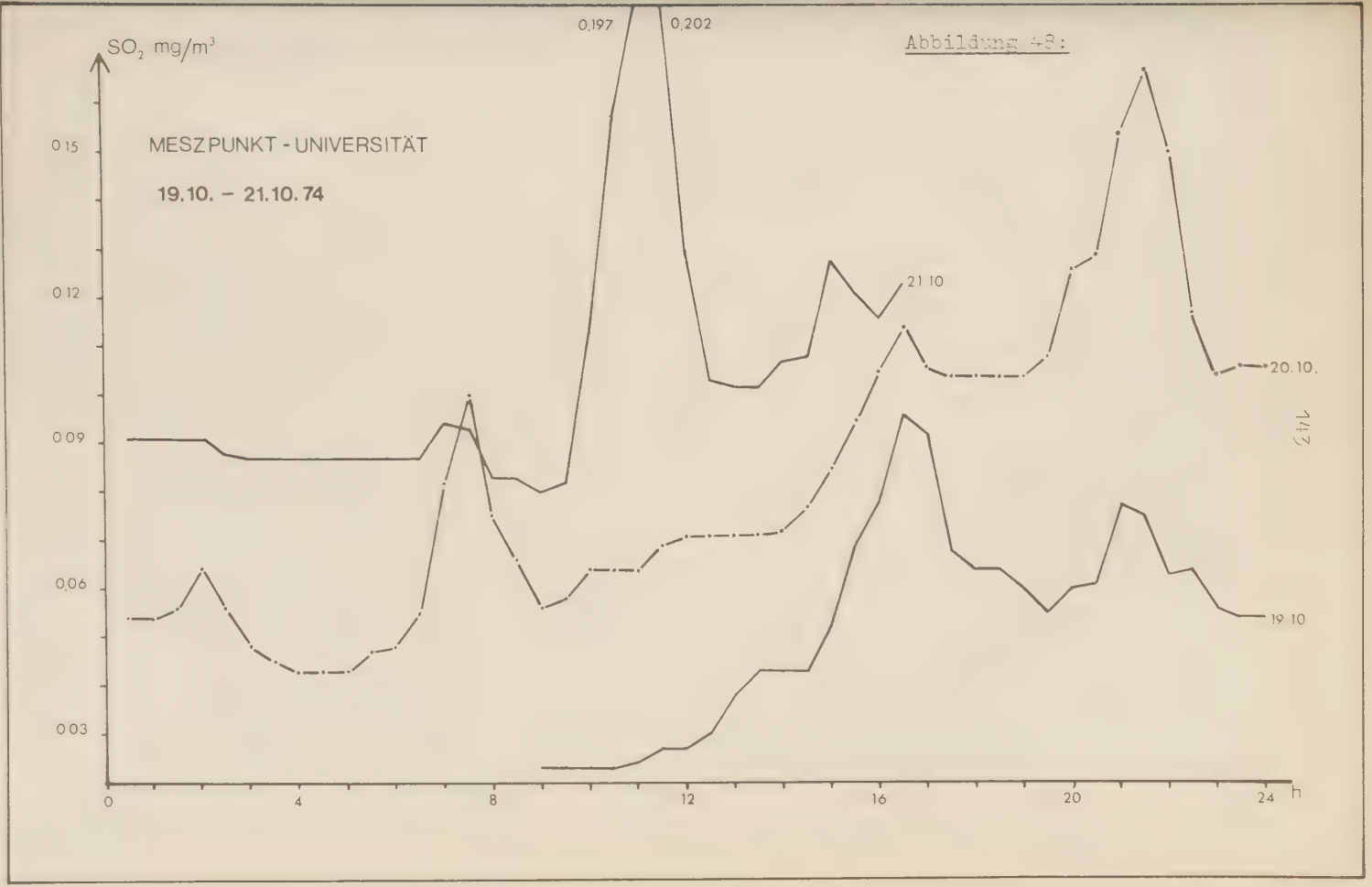
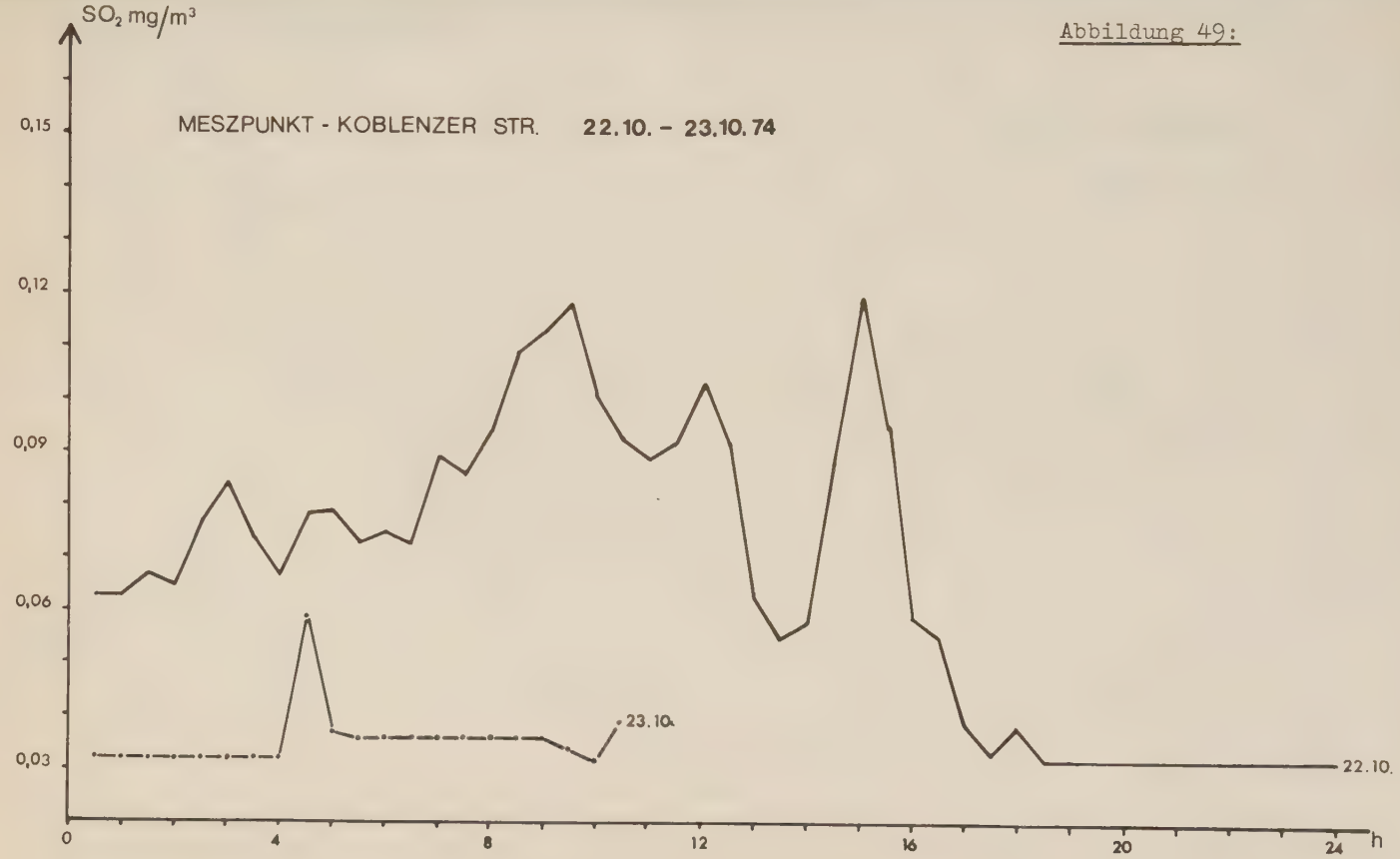


Abbildung 49:



4.7. Mikroklimamessungen

An zwölf Standorten (vgl. Tabelle 28 u. Karte 10,S.237) wurden täglich vom 25.6.-22.7.1975 die Minimum- und Maximumtemperaturen um 8^{00} und 20^{00} gemessen.

Tabelle 28: Temperaturmeßpunkte

Nr.	Standort	Planquadrat
1.	Matzenberg	A/4
2.	Rastbachweg	D/2
3.	Ottweiler Straße	F/4
4.	Jenneweg	E/5
5.	Haldy Straße	H/5
6.	Mecklenburgring	L/5
7.	Pater Delp Straße	K/6
8.	Am Kieselhumes	J/6
9.	Radrennbahn-Schanzenberg	D/6
10.	Elisabethenstraße	F/7
11.	Winterbergkrankenhaus	G/7
12.	Erbeldinger Hof	G/9

Auf die Darstellung der gesamten Meßwerte soll hier verzichtet werden (die Meßprotokolle sind im Geographischen Institut Abt. Biogeographie). Um die Stationen dennoch gut untereinander vergleichen zu können, wurden die Durchschnittswerte der Minimum- und Maximumtemperaturen während des gesamten Meßzeitraumes angegeben (vgl. Tabelle 29,S. 146 und die Abbildungen 50 u. 51,S. 147-48).

Tabelle 29: Durchschnittswerte der Minimum- u. Maximumtemperaturen

Station	Min. morgens	Min. abends	Max. morgens	Max. abends
1.	16,32	18,25	22,47	26,18
2.	17,02	18,94	23,00	27,29
3.	17,90	19,29	23,50	25,94
4.	17,27	19,64	24,29	28,05
5.	13,42	15,61	20,80	24,14
6.	16,29	19,38	23,22	28,33
7.	13,79	17,59	22,59	23,27
8.	18,00	19,81	21,69	24,62
9.	17,10	18,45	26,50	27,83
10.	17,15	20,25	25,90	29,00
11.	16,91	19,21	21,83	27,21
12.	15,02	19,56	21,76	29,00

Am 14.7.1975 (von 8^{00} bis 8^{56} Uhr) wurde eine von mehreren Meßfahrten unternommen, die sich in den Werterelationen jedoch kaum unterschieden. Das Ost-West-Profil begann an der Westgrenze der Stadt (Schiffswerft). Die Profilleitlinien waren die Luisenthaler Straße, Berg-Straße, Hochstraße, Breite Straße, St.Johanner Straße, Trierer Straße, Bahnhofstraße, Dudweiler Straße, Schützenstraße, Meerwiesertalweg bis zur Universität und von dort zum Schwarzenberg. Nach jedem Kilometer wurden Lufttemperatur, relative Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit gemessen. Tabelle 30 (S. 149) gibt die Werte von 11 Meßstationen wider. Nur die Standorte 7 und 11 variieren etwas stärker gegenüber den sonst gleichen Werten.

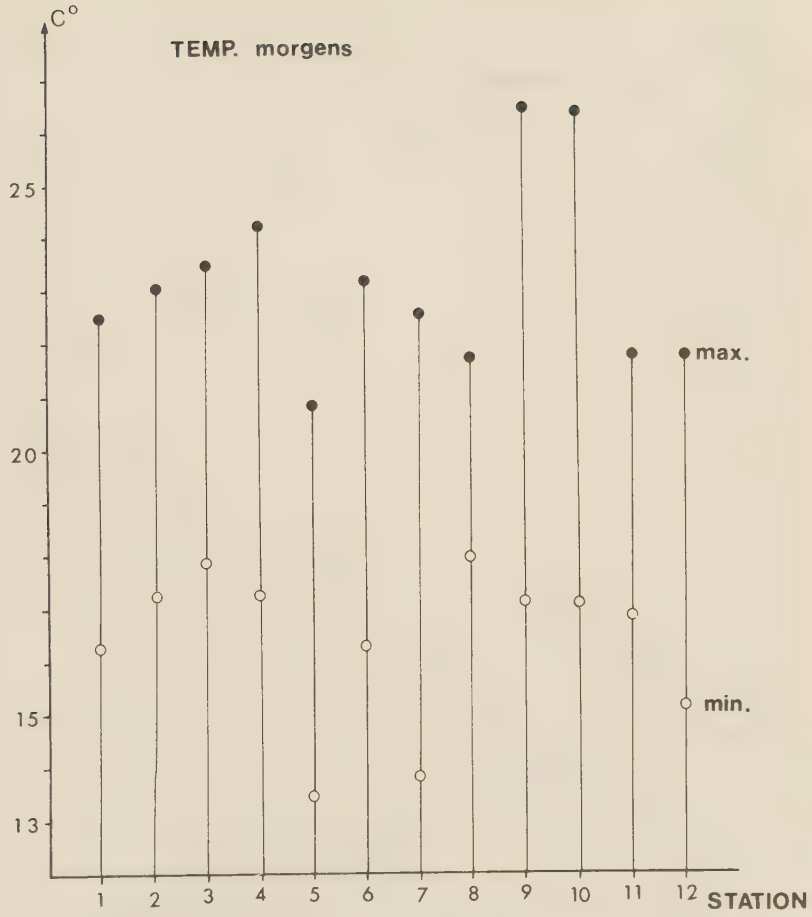


Abb. 50

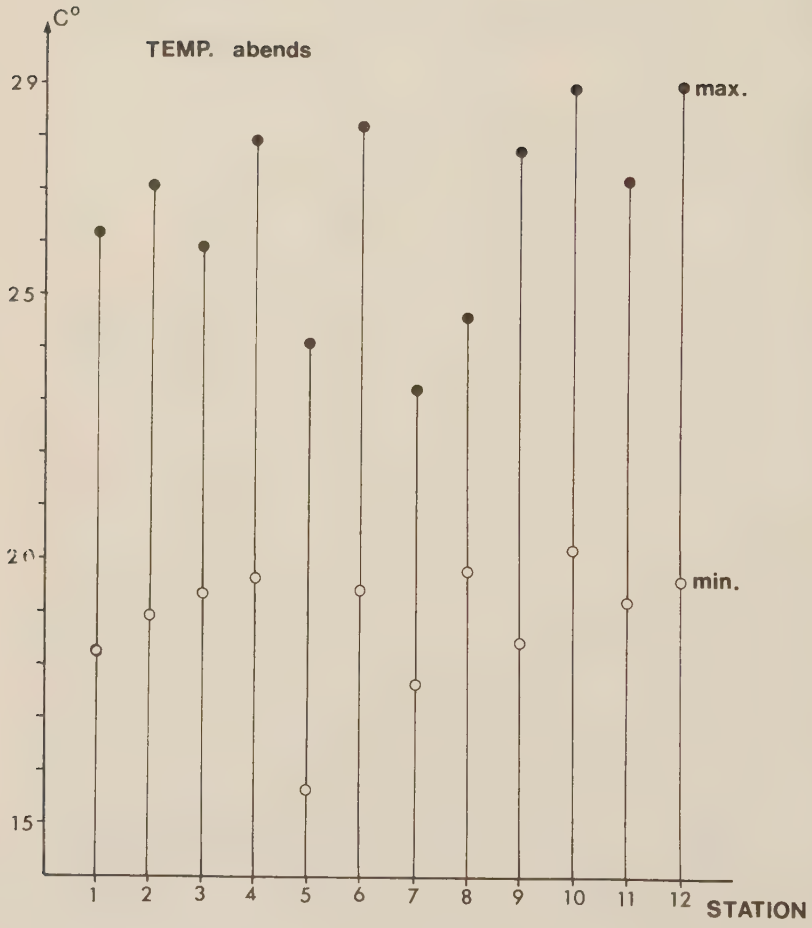


Abb. 51

Tabelle 30: Meßfahrt vom 14.7.1975 West-Ost-Profil (8.00 bis 8.56 Uhr)

Standort	C°	U%	v m/s
1. Werftstraße A/5	17,5	75	0,5
2. Im Höfchen B/5	17,5	75	0,5
3. Krumme Gasse C/5	17,8	72	0,3
4. Hüttenstraße D/5	17,8	73	0,6
5. Breitenbacherstraße D/5	17,9	73	0,5
6. Hauptpost F/5	17,7	72	0,7
7. Futterstraße F/6	18,3	71	1,2
8. Schützenstraße G/5	18,0	73	0,5
9. Waldhaus J/4	17,8	76	0,6
10. Universität K/4	17,9	76	0,5
11. Schwarzenbergturm K/4	17,3	81	2,5

Die folgende Tabelle 31 gibt die Werte des Nord-Süd-Profils vom 15.7.1975 (8.00 bis 9.45 Uhr) wider. Die Profilleitlinien waren die Camphauser Straße, Trierer Straße, Viktoria Straße, Eisenbahnstraße, Vorstadtstraße, Lerchesflurweg, Weinbergweg, Theodor-Heuss-Straße, Am Großen Hohlweg durch den Wald zum Geriatrischen Krankenhaus Sonnenberg und dann zum Irgentalweg.

Tabelle 31: Meßfahrt vom 15.7.1975 Nord-Süd-Profil (8.00 bis 9.45 Uhr)

Standort	C°	U%	v m/s
1. Bundesstraße 41 G/1 nördl. Stadtgrenze	18,0	76	0,5

Tabelle 31 Fortsetzung

Standort	C°	U%	v m/s
2. Schlackenhalde im Staatswald F/2	18.7	74	0,5
3. Am Ludwigsberg F/5	17.6	73	-
4. Haus Berlin F/5	17,8	73	0,8
5. Am Ludwigsplatz F/6	18,5	69	-
6. Bellevue E/7	19.0	71	1,0
7. Petersbergst.-Weinbergweg F/8	18,4	75	0,3
8. Tabaksweiher G/8	18,0	79	-
9. Vogesenblick H/9	17,5	77	0,3
10. Geriatrische Klinik H/10	18,9	75	0,5
11. Irgentalweg H/11	18,7	82	-

Die Werte der Nachtmeßfahrten hatten so geringe Schwankungsbreiten, daß hier auf ihre Darstellung verzichtet wird.

4.8. Chemische Blattanalysen

Die chemischen Blattanalysen von Proben aus dem Stadtgebiet (vgl. Karte 1,S.228) wurden von der LIB in Essen durchgeführt. Aus Kostengründen wurde nur das Blattmaterial (von Acer und Platanus) von acht Standorten

1. Burbach Helgenbrunnen C/5
2. Im Rotfeld D/5
3. Friedhof Jägersfreude H/2
4. Rodenhof F/4
5. Camphauser Straße F/5

6. Alter Friedhof H/5
7. Kaninchenberg J/6
8. Alter Friedhof E/6

auf Zink (Zn), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Fluor (F), Schwefel (S) und Chlor (Cl) untersucht (vgl. Tabelle 32 und Abbildung 52 S. 152). Zink, Blei, Cadmium und Fluor werden in ppm, Schwefel (Gesamtschwefel) und Chlor in °/oo angegeben. Die Werte beziehen sich auf 1 gr. Blattsubstanzeinwaage.

Tabelle 32: Chemische Blattanalysen

Nr.	Zn	Pb	Cd	F	S	Cl
1. C/5	80,80	91,10	0,10	48,5	2,60	10,3
2. D/5	109,50	206,50	1,00	225,0	6,00	6,7
3. H/2	105,00	76,10	0,25	32,8	3,50	1,6
4. F/4	50,20	48,80	0,40	43,5	5,70	3,0
5. F/5	111,50	84,85	0,35	54,2	2,55	6,3
6. H/5	42,60	37,70	0,60	23,2	4,95	3,4
7. J/6	168,00	66,80	0,60	31,7	4,25	6,3
8. E/6	34,25	32,55	0,20	27,2	4,70	3,1

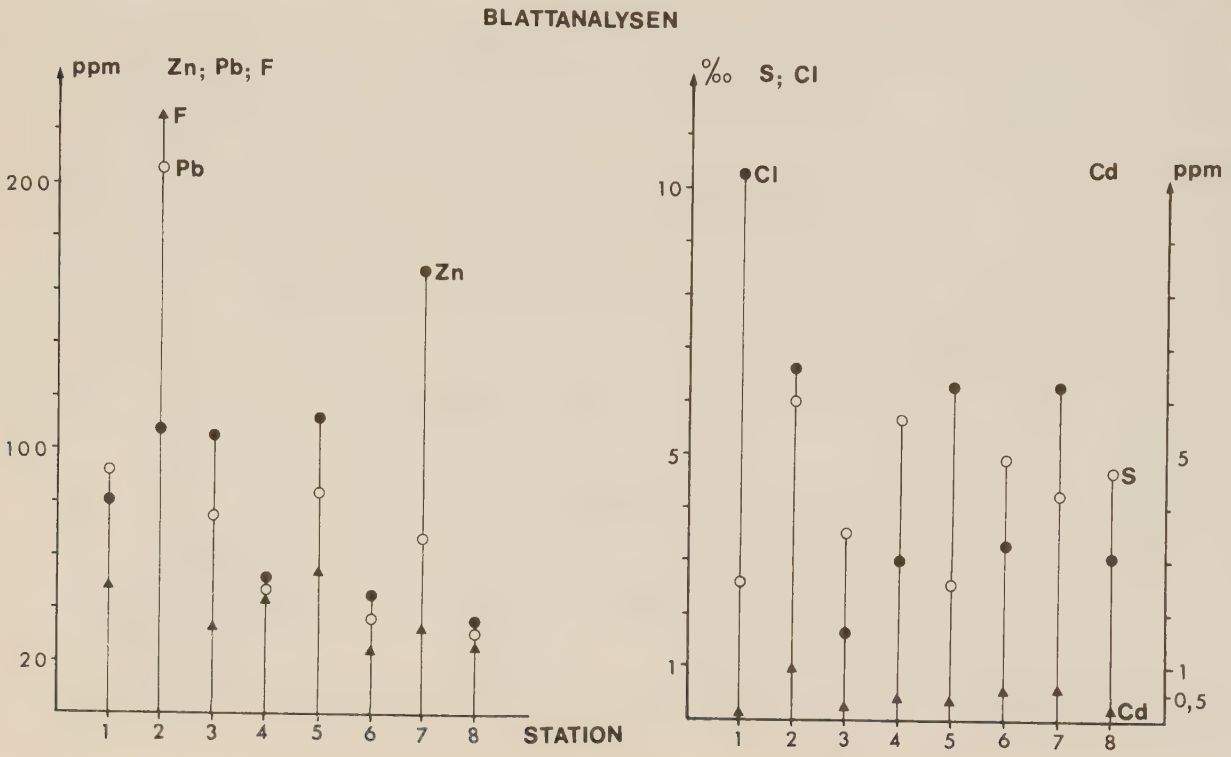

BLATTANALYSEN
ppm
Zn; Pb; F
F
Pb
Zn
200
100
20
1
2
3
4
5
6
7
8
STATION
‰
S; Cl
Cl
10
5
1
Cd
ppm
S
Cd
5
1
0,5

Abb. 52

5. Diskussion

In den vorangegangenen Kapiteln wurde versucht, mit verschiedenen Methoden Kriterien zur Erfassung anthropogen belasteter Räume aufzuzeigen. Es erwies sich, daß besonders biologisch-ökologische Kriterien der speziellen Fragestellung gerecht wurden. In einem Ökosystem, auch in einem "urbanen", hat jedes beteiligte Individuum eine bestimmte, seiner Stellenäquivalenz adäquate Aufgabe und Funktion, die es nur im Rahmen seiner ökologischen Potenz erfüllen kann (SCHMITHÜSEN 1956,1968; KÜHNELT 1970; MACARTHUR & WILSON 1971; MÜLLER 1973,1974; STUGREN 1974). Für jedes Taxon wird die Bandbreite seiner individuellen Möglichkeiten durch die ökologische Valenz bestimmt. Stark euryöke Organismen (Mensch, Ratte, Alge) sind als ökologische Arbeitsmedien ebensowenig geeignet wie stark stenöke (Endoparasiten, Urtica). Um schnell zu validen und reliablen Aussagen über die Raumqualität im Stadtgebiet von Saarbrücken zu gelangen, waren Verfahren und Methoden nötig, die eine großräumige Erfassung möglichst zahlreicher ökologischer Informationen zuließen. Da der Informationsgrad noch relativ gering ist (vgl. MÜLLER 1974), sollte die vorliegende Arbeit einen Beitrag zur Erfassung von Schadräumen mit unterschiedlicher Raumqualität liefern.

Die orographische Situation in Verbindung mit naturräumlichen und wirtschaftsräumlichen Gegebenheiten läßt Verhältnisse entstehen, die strukturell nur für den Raum Saarbrücken relevant sind und sich nicht unbedingt auf ähnliche Räume transferieren lassen. Triasformationen (vgl. Kap. 3.1.2.), ein relativ lebhaftes Relief (vgl. Kap. 3.1.3.) und ein maritim gefärbter Klimatypus (vgl. Kap. 3.1.4.) lassen eine Flora entstehen, die weniger dem "atlan-

tischen", als vielmehr dem "subatlantischen" Klimatypus entspricht (vgl. Kap. 3.1.5.). Die durch das Lothringische Stufenland bedingte Leelage der Stadt Saarbrücken (vgl. Kap. 3.1.4.) läßt im Verhältnis zu exponierteren Lagen lediglich 770 mm Niederschläge im Mittel zu und hat auch Auswirkungen auf die Windverhältnisse, den Temperaturgang, die Luftfeuchte, die Besonderen Tage und Inversionswetterlagen. Charakteristische, an diese Verhältnisse angepaßte Pflanzengesellschaften (vgl. Kap. 3.1.5.) sind auf dem Hauptbuntsandstein das Veronico-Fumarietum, das Luzulo-Fagetum und das Dauco-Arrhenatheretum. Für die nährstoffreicheren Böden des Oberen Buntsandsteines ist das Melico-Fagetum kennzeichnend. Erlenwälder in der Ausbildung eines Carici-Remotae-Fraxinetum sind typisch auf Kohlelehm mit wechselnder Wasserversorgung in Bachnähe. Bei unkritischer Betrachtung der pedologischen und floristischen Gegebenheiten ließen sich relativ unfruchtbare Böden mit geringen Bodenzustandsstufen (vgl. Karte 8, S.235) und dürftigen Pflanzenbeständen vermuten. Erst durch eingehende Untersuchungen der Auswirkungen der wirtschaftsräumlichen Einflüsse auf das Stadtgebiet (vgl. Kap. 3.2.) konnten Fehldeutungen bezüglich der SO_2-Konzentrationen im Stadtgebiet (SEITZ 1972; MÜLLER 1972; THOME 1973) revidiert werden. Die derzeitige Raumqualität der Stadt Saarbrücken wird, im Rahmen der naturgesetzlichen Möglichkeiten durch wirtschaftsräumliche Faktoren (vgl. Kap. 3.2.1. bis 3.2.4.) stark geprägt.

Das von NYLANDER (1866) beschriebene Phänomen der verminderten Lichenenvegetation in Städten wurde von SORAUER & RAMANN (1899) experimentell untersucht. Die SORAUER'sche "Fangpflanzenmethode" hat sich in der ökologischen Arbeitsmethodik einen festen Platz

erobert. Sie ist jedoch nur so gut, wie es das pflanzliche Material bezüglich seiner ökologischen Valenz zuläßt. Aus diesem Grunde wurde in Saarbrücken mit der Gartenkresse (Lepidium sativum) gearbeitet. Das Material zeichnet sich durch eine hohe Sensibilität gegenüber extremen Umweltbedingungen aus. Das rasche Wachstum ist mit einer hohen physiologischen Aktivität korreliert, so daß die sich bietenden Umweltfaktoren optimal ausgenutzt werden (ein ähnlicher Effekt, jedoch unter anderen physiologischen Voraussetzungen, tritt bei Lichenen auf). Die Kontaminationsgefahr ist außerordentlich groß, da der Sorte (Mega großblättrig) viele natürliche Abwehrmechanismen zwecks höherer Produktivität weggezüchtet wurden. Die Meßergebnisse (vgl. Kap. 4.1.) zeigen deutlich, daß kausale Zusammenhänge zwischen Stoffproduktion und Umweltsituation bestehen (BERGE 1963; HAUT von & STRATMANN 1970; SCHÖNBECK 1972). Hoch signifikant sind die Ergebnisse der biometrischen Untersuchungen bei den Pflanzen der Standorte Nr. 11 (C/8), 13 (H/10), 12 (D/6), 23 (C/1) und Nr. 21 (D/5), 22 (B/5), 19 (F/5), 4 (F/4) (vgl. Karte 1, S. 228 und Abb. 13, S. 84). Bei den Standorten Nr. 11, 12, 13 und 23 handelt es sich ausnahmslos um Waldstandorte, wobei sich die Hauptmasse des Waldes westlich bzw. südwestlich der Standorte ausdehnt und somit die positive Waldfilterwirkung voll zum Ausdruck kommt. Diese Waldstandorte zeichnen sich durch einen hohen Blattflächenindex (vgl. Tab. 16, S. 83) und sehr geringe Nekrosen aus (vgl. Tab. 19, S. 88). Betrachtet man dagegen vier Standorte an belasteten Standorten im Verdichtungsraum, z.B. die Nr. 21, 22, 19 und 4, so fällt der geringe BFI und die sehr hohe Nekrosefläche pro Exponateeimer auf. Ein Belastungsgradient läßt sich signifikant nachweisen. Standort Nr. 21,

im unmittelbaren Einflußbereich des Hüttenwerkes Burbach (D/5), erhält den meisten Staubniederschlag (vgl. Karte 9, S. 236). Der westliche Standort Nr. 22 (B/5) ist aufgrund seiner Luvlage zum eigentlichen Ballungsgebiet, obwohl er ungefähr so weit wie der östliche Standort Nr. 19 (F/5) vom Hüttenstandort entfernt liegt, weit weniger mit Nekrosen befallen, während die Standorte Nr. 19 und Nr. 4 als Leestandorte die gesamten Immissionen der westlichen Emittenten erhalten. Auch die Stoffproduktion (Abb. 14, S. 87) ist bei den Standorten im Verdichtungsraum gegenüber den Waldstandorten und denen geschützter Lagen deutlich geringer. Eine direkte Korrelation besteht zwischen dem pH-Wert der standartisierten Komposterde einerseits und dem BFI und dem Wurzellängen-Stengellängen-Verhältnis andererseits (vgl. Tab. 16, S.83). Die Tendenz zum basischen Bereich hat eine Verringerung des Blattflächenindexes, eine Tendenz zum saueren Milieu hat eine Erhöhung des BFI zur Folge. Fast koinzident mit den pH-Werten sind die Werte des Wurzellängen-Stengellängen-Verhältnisses. Bei steigendem pH wird das Wurzelwachstum gefördert, bei fallendem das Stengelwachstum. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen deutlich, daß Lepidium außerordentlich sensibel auf pH-Schwankungen des Substrates und/oder Aerosolen, die dies induzieren, reagiert. Lepidium ist also ein geeigneter Bioindikator auf "Artniveau", der als Kriterium zur Erfassung von Schadräumen bzw. unterschiedlichen Raumqualitäten herangezogen werden kann.

Flechtenuntersuchungen in Stadtgebieten sind in der Ökologie viel benutzte und bewährte Methoden (NYLANDER 1866; ERICHSEN 1905; STOCKER 1927; MATTICK 1937; BESCHEL 1950; DÄSSLER & RANFT 1968; SCHÖNBECK 1969; KUNZE 1974; JÜRGING 1975). Anhand der in Saar-

brücken durchgeführten Untersuchungen sollten mit Lichenen als Bioindikatoren Raumqualitäten aufgezeigt werden. Gleichzeitig erlaubten es die Ergebnisse, Stellung zu den verschiedenen Theorien der Verarmung der Flechtenvegetation in Städten zu nehmen. Daß Flechten die Städte meiden, wird zwar allgemein bestätigt (RYDZAK 1953-70; BARKMANN 1958; DOMRÖS 1966; HAWKSWORTH & ROSE 1970), die Theorien darüber divergieren jedoch sehr stark. LANDSBERG (1970) macht die anthropogen veränderten, mikroklimatischen Bedingungen und Parameter für den Artenrückgang verantwortlich. Dieser "Dürrehypothese" mit ihrer rein klimatischen Kausalität (RYDZAK 1953, 1959, 1968; KLEMENT 1958; BESCHEL 1958) steht die "Luftverschmutzungshypothese" (SCHÖNBECK 1968,1969, 1972; KIRSCHBAUM 1972; KUNZE 1972,1974; JÜRGING 1975) gegenüber. Beide Standpunkte, werden sie dogmatisiert, bergen die Gefahr von Fehlinterpretationen. Gaskammerversuche (DÄSSLER & RANFT 1969; SCHÖNBECK 1969) können zwar Toleranzgrenzen für bestimmte Arten festlegen, zu bedenken bleibt jedoch, daß ein ökologischer Faktorensynergismus (SCHMITHÜSEN 1968) nur annähernd im Labor simuliert werden kann. Nur bei Berücksichtigung aller "erfaßbaren" Daten wird man zu einer validen Aussage gelangen, die sicherlich zwischen den beiden oben genannten Theorien liegt. Im Stadtgebiet wurden 28 Lichenenarten nachgewiesen, die epiphytisch an verschiedenen Baumarten wachsen (vgl. Kap. 4.2.1., S. 90). Eine Beschränkung der Untersuchungen auf nur eine oder zwei Baumarten war nicht möglich, weil damit die Flächendeckung nicht mehr gewährleistet gewesen wäre. Es mußte deshalb eine Baumartenkonstellation gefunden werden, die repräsentativ für das Stadtgebiet ist. Wenn man pro Standort bis zu 10 Bäume im Umkreis von nicht mehr als 50m untersucht, kommt man zu elf

Baumarten (s.S. 96), die korrelierbare Untersuchungsergebnisse zulassen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ökologisch unterschiedlich strukturierte Raumeinheiten mit verschiedenen Kriterien darzustellen. Neben dem Kriterium auf "Artniveau" (vgl. Kap. 2.1., S. 8 und Kap. 4.1., S. 82) wurde mit der Lichenenerfassung ein Kriterium auf der nächst höheren Ebene ("Phytozönose") herangezogen (vgl. Kap. 2.2., S. 10 und Kap. 4.2., S. 90). Das gewonnene Material wurde mit drei unterschiedlichen Methoden bearbeitet, um deren Zuverlässigkeit zu testen. Bei der ersten Methode (vgl. Kap. 2.2.2., S. 13) handelt es sich um die BRAUN-BLANQUET'sche (BRAUN-BLANQUET 1964), indem sowohl die Artverteilung als auch Dominanz- und Vitalitätsgrade numerisch erfaßt wurden. Je nach Artenzahl und den verschiedenen Dominanz- und Vitalitätsgraden lassen sich in Saarbrücken vier Flechtenzonen nach der herkömmlichen Methode ausscheiden (s.S. 96), denn die Zone I (= Reinluftzone) mit Dominanzwerten bei Blattflechten von mehr als 50% und Vitalitätsgraden von 5-6 ist bei der gegenwärtigen Belastungssituation in Saarbrücken nicht mehr vorhanden. Es muß jedoch betont werden, daß sich diese Flechtenzonierungen nur auf die epiphlöodischen Taxa beziehen, d.h. der Gebrauch des Terminus "Flechtenwüste" nur in Bezug auf das Wuchssubstrat Rinde erlaubt ist. Die Methode ist geeignet, schnell und ohne Berechnungen zu einer relativ genauen "Raumgliederung" zu gelangen, ohne jedoch exakte ökologische Daten bezüglich der inter- und intraspezifischen Variabilität der Taxa zu erhalten. Auch die Trennschärfe innerhalb der einzelnen Zonierungen, die ja nicht homogen sind, ist noch ziemlich gering. Den Flechtenverbreitungskarten (vgl. Abb. 16-31, S. 97 ff.) sind die Zonen der Karte 6 (s.S. 233) unterlegt, um die

typischen Verbreitungsmuster innerhalb der bisher üblichen konventionellen Flechtenzonen zu verdeutlichen. Die Flechtenwüste (Zone V) erstreckt sich als breites Band entlang der Saar (vgl. Karte 6, S. 233), wobei sie aufgrund der Prallhang-Gleithang-Situation insofern orographisch bedingt ist, als nur der Raum nördlich der Saar genügend Platz für Industriestandorte bietet und das Gelände südlich der Saar sehr schnell steil ansteigt (Schanzenberg, Triller, Reppersberg, Winterberg, vgl. Kap. 3.1.3., S. 35). In diesem Raum mit der dichtesten Besiedlung (Abb. 11, S.69) und der Konzentration von Industrieanlagen fehlen die Blattflechten vollkommen. Selbst von den euryöken Krustenflechten können sich nur drei Arten (Lecanora hageni, Abb. 21, S. 102; Lecanora varia, Abb. 22, S. 103 und Lepraria aeruginosa, Abb. 23, S. 104) halten. Der Dürrehypothese (LANDSBERG 1970, RYDZAK 1953,1959 u.a.) ist entgegenzuhalten, daß aufgrund der relativ hohen Luftfeuchtigkeit (im Vergleich zum übrigen Stadtgebiet) im Raum der Zone V Flechten vorkommen müßten, die Kausalität des Zurückweichens also nicht allein durch hygrische Parameter erklärbar ist. Auch das Postulat einer hohen SO_2-Konzentration im Stadtgebiet von Saarbrücken, wie es von SEITZ (1972) erhoben wird, trifft nicht zu, da eine SO_2-Belastung von über 0,11 mg SO_2/m^3 Luft (vgl. HAWKSWORTH & ROSE 1970; KIRSCHBAUM et al. 1971; KIRSCHBAUM 1972) nur äußerst selten auftritt (vgl. Kap. 4.6., S. 137 und Abb. 59-66, S. 244 ff.) und auch in Zukunft aufgrund der verschärften Bestimmungen des § 4 BImSchG kaum erreicht werden wird. Selbst am Haus der Gesundheit (E/5), im direkten Einflußbereich des Burbacher Hüttenwerkes (bei Westwindsituationen) , betragen die monatlichen SO_2-Immissionskenngrößen I_1 in mg/m^3 Luft (nach der Neufassung der TA-Luft

vom 28.8.1974) nicht mehr als 0,08 mg/m^3 (RUMLER et al. 1975). Unterstellt man noch, daß es sich bei den Werten (Summe der Halbstundenmittel) um Frühlings- und Sommerwerte (April bis September) mit geringer Heizperiode handelt, so ist die Belastung während der Herbst- und Wintermonate (Oktober bis März) z.B. am Meßpunkt Trierer Straße (F/5) trotz der hausbrandbedingten SO_2-Mehrbelastung nicht höher als 0,09 mg/m^3. Die stationären Messungen des Staatlichen Institutes für Hygiene und Infektionskrankheiten werden seit 1974 durch Messungen des Amtes für Umweltschutz der Stadt Saarbrücken ergänzt (vgl. Abb. 59-66, S. 244 ff.). Die SO_2-Werte sind selbst in unmittelbarer Nähe des Hüttenwerkes Burbach nicht so hoch, daß eine Begründung für das Zurückweichen von Lichenen aus der industriellen Agglomerationszone durch SO_2-Belastungen berechtigt wäre. Diese Tatsache konnte der Verfasser durch eigene Messungen (vgl. Kap. 2.6., S. 28 und Kap. 4.6., S. 139) bestätigen. Daß das Schwefeldioxid einen nicht unbeträchtlichen Einfluß auf die Ökophysiologie der im Talraum befindlichen Taxa hat, kann zwar nicht bestritten werden, sicher ist jedoch, daß SO_2 als Belastungsfaktor in Saarbrücken im Gegensatz zu anderen Industriegebieten in Deutschland (SCHÖNBECK 1969; DOMRÖS 1966) eine wesentlich geringere Rolle spielt, denn auch die chemischen Blattanalysen (vgl. Kap. 4.8., S. 150) ergaben S-Werte von weniger als 5°/oo, die lediglich bei den Standorten 2 (D/5) und 4 (F/4) überschritten wurden (vgl. Abb. 52, S. 152).

Mit einer zweiten Methode, der von DE SLOOVER und LeBLANC (1968,1970) entwickelten I.A.P.-Wert-Berechnung (vgl. Kap. 2.2.3., S. 16), konnte die Trennschärfe innerhalb der in Karte 6 (S. 233) gezeigten Flechtenzonen wesentlich erhöht werden, weil neben den Dominanz-, Abundanz- und Vitalitäswerten

weitere Standortfaktoren numerisch erfaßt wurden und durch den Wert Q (Toxitoleranzwert, vgl. Kap. 2.2., S. 113) eine direkte Korrelation zwischen Raumqualität, wobei die raumspezifischen Parameter eine große Rolle spielen, und Sensibilität verschiedener Lichenenarten aufgezeigt wird. Die Anwendung der Methode der I.A.P.-Wert-Berechnung führt im Prinzip zu denselben Zonierungen (vgl. Karte 5 und 6,S. 232 und 233) nur mit dem Unterschied, daß die I.A.P.-Berechnung eine exaktere Zonierung erlaubt als die erstgenannte Methode und eine Toleranzhierarchie der Flechtenarten erkennen läßt (vgl. Tab. 21, S. 113). Die Aufstellung einer solchen Toleranzhierarchie birgt die Gefahr der räumlichen Übertragbarkeit, die m.E. nicht möglich ist, da die Q-Werte einer Art aus der Anzahl ihrer Standorte und der Zahl der Begleitarten am jeweiligen Standort errechnet werden und somit die Raumspezifität reflektieren. Die Toxitoleranz einer Flechte und ihre Stellenäquivalenz in der Hierarchie kann also je nach Untersuchungsgebiet (bedingt durch edaphische, klimatische und anthropogene Faktoren) variieren (KIRSCHBAUM 1972; HEIDT 1974). Dies zeigen Untersuchungen von FENTON (1964) und TALLIS (1964) sehr deutlich, denn bei ihnen schwanken die Toleranzgrenzen für SO_2 bei Hypogymnia physodes zwischen 0,026 mg/m^3 (FENTON) und 0,21 mg/m^3 (TALLIS). Sowohl die Wertediskrepanz als auch ihre Interpretationsmöglichkeit ist groß. Liegt es an einer hohen intraspezifischen Variabilität, sind es technische Unzulänglichkeiten der Meßmethoden und -verfahren oder liegen noch nicht näher untersuchte, verschieden adaptierte Ökotypen vor? Alle diese Umstände berechtigen nicht zu einer allgemeingültigen Standartisierung von Flechten als Indikatororganismen, denn man könnte den Fehler begehen, aufgrund ermittelter Toleranzwerte einer Art,

ganz bestimmte Schadstoffe mit den entsprechenden Konzentrationen zu fordern (SEITZ 1972). Bei Hypogymnia physodes (vgl. Abb. 19, S. 100), einer acidophytischen Blattflechte, müßte man annehmen, daß sie im Stadtgebiet dank der geologischen Verhältnisse (vgl. Kap. 3.1.2., S. 33) optimale Substratbedingungen vorfindet. Trotzdem fehlt sie im gesamten innerstädtischen Bereich und ist mit einem Q-Wert von 10,5 (vgl. Tab. 21, S. 113) wenig toxitolerant. Die SO_2-Konzentrationen im Stadtraum sind jedoch zu gering, um das Fehlen von Hypogymnia im bebauten Bereich damit zu erklären. Die Ursache ist mit hoher Wahrscheinlichkeit die Staubbelastung. Bei der Untersuchung der Baumrinden-pH-Werte zeigte sich deutlich, daß die Werte zum Stadtinneren immer stärker zum basischen Bereich hintendieren (vgl. Kap. 4.4., S. 129). Dieses Phänomen wird durch basische Emissionen der Hüttenwerke hervorgerufen. Die Annahme einer hohen SO_2-Konzentration in Saarbrücken (SEITZ 1972) muß revidiert werden, obwohl die Schwefelbilanz eines Hüttenwerkes (Sinteranlage) eine vorrangige Stellung einnimmt. Das sich beim Sinterprozeß bildende Schwefeldioxid wird bei einem hohen Basengrad des Sinters, d.h. bei Einsatz hoher Anteile von Kalkerzen, zum großen Teil in den Sinter eingebunden. Daß die Stäube also basisch reagieren, liegt in erster Linie an ihrem Eisen- und Kalkgehalt. Hypogymnia physodes wird in ihrer Verbreitung in Saarbrücken also nicht so sehr von SO_2, sondern vielmehr von basischen Stäuben eingeschränkt. Als acidophytische Art ist sie ein brauchbarer ökologischer Zeiger zur Abgrenzung von Räumen mit mehr oder weniger basischer Immissionsbelastung. Belastung ist jedoch bei unterschiedlicher ökologischer Valenz der Taxa sehr schwer zu definieren und abzugrenzen (KÜHNELT 1955; SUKOPP 1972; MÜLLER 1974;

STUGREN 1974). Obwohl sich die basischen Immissionen negativ auf acidophile Lichenen auswirken und somit ein Belastungsfaktor sind, wirken sie jedoch auf die armen Sandböden im Stadtgebiet (vgl. Karte 8, S. 235) konträr und stellen eine Bereicherung dar. Für die sauren, schwach gepufferten Sandböden haben die Kalk- und Eisenstäube die Wirkung eines Kopfdüngers, so daß man in den Wäldern von Saarbrücken (vgl. Karte 1, S. 228) Holzqualitäten findet, die bei den gegebenen geologischen und pedologischen Verhältnissen nicht zu erwarten wären.

Neben den Industrieemissionen machen sich die Kraftfahrzeugemissionen, bedingt durch hohe Verkehrsdichten, im engen Tal der Saar und ihrer Nebenflüsse negativ bemerkbar, was sich in geringen I.A.P.-Werten vor allem entlang der Hauptverkehrsstraßen äußert (vgl. Karte 5, S. 232 und Karte 6, S. 233). Der hohe Emissionsanteil der Kraftfahrzeuge wird besonders dort deutlich, wo stark frequentierte Straßen durch weniger stark immissionsbelastete Räume führen und man relativ scharf den industriellen Einfluß vom verkehrsbedingten abgrenzen kann. Zonen mit I.A.P.-Werten von 16-30 (vgl. Karte 5, S. 232) erstrecken sich entlang des Meerwiesertalweges im Stadtwald-St.Johann (J/4; K/3), entlang der Grülingsstraße (G/1-3), der Lebacher Straße (D/2-3) und der Metzer Straße (E/7-8; D/8-9). Auch in der Feldmannstraße (F-G/7) und in der Saargemünder Straße (H/8-10) deutet sich der "Tunneleffekt" (BORTENSCHLAGER & SCHMIDT 1963) an. Dieser Effekt tritt vornehmlich in geschützten Tallagen bei Straßen mit hoher Verkehrsdicht auf (vgl. Abb. 59-66, S. 244 ff.), da sich die spezifisch schweren Kraftfahrzeugemissionen in Bodennähe sammeln und sehr hohe Werte erreichen können (HETTCHE 1960; STRESEMANN 1969; LÖBSACK 1970; APEL 1973). Während

der Verkehrsspitzen passieren oft mehr als 1500 Kraftfahrzeuge pro Stunde stark befahrene Ausfallstraßen (vgl. Abb. 12, S. 78 und Abb. 59-66, S.244 ff.). Emissionen, wie Kohlenmonoxid, Stickoxide, Kohlenwasserstoffe, Bleiverbindungen und Feststoffe (Reifenabrieb, Teer, Ruß etc.) bilden die Hauptschadstoffkomponenten. Die Kohlenwasserstoffe sind sehr gesundheitsschädlich, vor allem das karzinogene 3,4-Benzpyren, das nach Auskunft von Oberchemierat Herbolsheimer (Staatl. Institut für Hygiene und Infektionskrankheiten Saarbrücken) in Konzentrationen von 1-10 µgr/100 m^3 Luft in Saarbrücken nachgewiesen werden konnte. Vergleicht man die in Abb. 59-66 (S. 244 ff.) dargestellten Feinstaubmessungen des Amtes für Umweltschutz mit den SO_2- und CO-Messungen, so kann man gewisse Koinzidenzen feststellen. Nicht selten erreicht die CO-Konzentration in Verkehrsspitzenzeiten bis zu 200 ppm (10 mg CO/ m^3 Luft = 8 ppm, vgl. RUMLER et al. 1975). Die häufigen Windstillen (vgl. Abb. 7, S. 48), bedingt durch Orographie und Bebauung, wirken sich bei hohen Schadstoffkonzentrationen negativ aus, weil eine Ventilation unterbleibt. Sehr eindrucksvoll läßt sich die Bedeutung der Orographie für die Belastbarkeit eines Raumes am Beispiel des Tunneleffektes an der Metzer Straße (D-E/8-9, vgl. Karte 5, S. 232) zeigen. Solange die Straße im Taleinschnitt verläuft, liegen die I.A.P.-Werte zwischen 6 und 15, sobald sie auf die Buntsandsteinstufe hinaufführt und den Kamm (Folsterhöhe) erreicht, schwächt sich der Tunneleffekt ab (I.A.P.-Werte zwischen 16 und 30), weil die Kraftfahrzeugemissionen nach den Seiten ins Tal abfließen können und somit keine Konzentrationskumulation stattfindet. An Bäumen stark befahrener Straßen ist, im Gegensatz zu Bäumen vergleichbarer Räume, die Staub-

schicht auf der Stammborke und den Blättern besonders stark ausgeprägt. Sie läßt meist keinerlei epiphytischen Bewuchs zu (vgl. Abb. 57, S. 242), so daß der Bereich der höchsten Staubbelastung (vgl. Karte 9, S. 236) mit der epiphytenfreien bzw. -armen Zone (Flechtenwüste) korreliert. Betrachtet man die Verteilung der Staubniederschläge (vgl. Abb. 59-66, S. 244 und Karte 9, S. 236) kritisch, so stellt man fest, daß die höchsten Staubkonzentrationswerte gegen 10 Uhr morgens und 19-20 Uhr abends auftreten und nicht unmittelbar mit den Werten der PKW-Einheiten zu korrelieren sind. Die Staubmaxima sind auf produktionstechnische Betriebsabläufe innerhalb der Schwerindustrie im Saartal zurückzuführen und nicht ursächlich nur mit dem Individualverkehr in Verbindung zu bringen. Eine exakte und scharfe Trennung zwischen Industrie und Verkehr ist schon insofern schwer, da zahlreiche klimatische und orographische Parameter (z.B. Relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Temperatur, Hügel, Luv-, Leelage etc.) eine wesentliche Rolle spielen.

Eine dritte Methode zur Darstellung unterschiedlich strukturierter Räume (vgl. Karte 7, S. 234) ist die Diversitätsberechnung (vgl. Kap. 2.2.4., S. 17 und Kap. 4.2.3., S. 124). Das Ziel ist dabei die Erfassung des Zustandes eines Ökosystems, d.h. die Untersuchung der Belastung bzw. Belastbarkeit des Systems, also seine Stabilität (NAGEL 1976). Jedes System ist durch Strukturelemente, zwischen denen energetische Beziehungen bestehen,gekennzeichnet. Diese sind nichts anderes als taxonomische Einheiten und können verschiedenen Organisationsstufen angehören (Populationen, Genera, Spezies, Ökotypen etc.). Die Struktur von Lebensgemeinschaften in einem Ökosystem ist also identisch mit der "Diversität" (= Mannigfaltigkeit oder Vielfalt) der einzelnen

Strukturelemente. Die Diversität kann zwischen einem Maximalwert, wenn z.B. jedes Individuum einer anderen Art angehört, oder einem Minimalwert, wenn alle Individuen im System nur einer einzigen Art angehören, variieren. Für ein System ist eine hohe Diversität gleichbedeutend mit der erhöhten Zahl von Möglichkeiten für Rückkopplungsprozesse, die sich ihrerseits positiv auf die Eigenstabilität des Systems auswirken (PIELOU 1969; HÖSER 1973; STUGREN 1974; NAGEL 1976). Zwischen Diversität und Stabilität bestehen also kausale Zusammenhänge, es muß jedoch nicht unbedingt eine höhere Diversität mit einer größeren Stabilität korreliert sein (HAIRSTON 1968). Bei dem derzeitigen, noch ungenügenden Kenntnisstand der in einem "n-dimensionalen" Ökosystem ablaufenden Prozesse, können auch die Diversitätswerte nie absolute Indikatoren für Stabilitäts- oder Sukzessionsverhältnisse sein (NAGEL 1976), wohl aber relativ objektive Indikatoren. Bei Standorten mit gleicher Artenzahl aber unterschiedlicher Äquität (vgl. Karte 7, S. 234 , z.B. D/4, E/4, F/4 und F/6, G/6, H/6) bedeutet das für die Biozönose mit geringer Äquität das starke Vorherrschen einer oder weniger Arten, also einen Extremstandort. Es muß jedoch betont werden, daß auch Extremstandorte hohe Diversitäten aufweisen können. Es kann natürlich auch bei gleicher Äquität die Artenzahl variieren, d.h. die Artenzahl ist ein Indikator für mögliche Änderungen im Sukzessionsverlauf. Variieren sowohl Äquität als auch Artenzahl verschiedener Standorte sehr stark, so läßt sich die relative Stabilität der Biozönose am hohen oder geringen Diversitätswert erkennen. Die an Lichenenzönosen in Saarbrücken durchgeführten Diversitätsuntersuchungen lassen Koinzidenzen zu den I.A.P.-Wertberechnungen und den Staubbelastungszonen (vgl. Karte 9, S. 236) erkennen.

Die am wenigsten belasteten Gebiete, z.B. H/11, B-C/2, A-C/3 (vgl. Karte 7, S. 234) weisen die höchsten $\overline{H}_S$-, $\overline{n}$- und $\overline{J}_S$-Werte auf. Der relativ hohe $\overline{J}_S$-Wert im Planquadrat E/5 und F/5 ist trotz der geringen $\overline{H}_S$- und $\overline{n}$-Werte auf eine ziemlich gleichmäßige Verteilung der Arten in diesem Bereich zurüchzuführen.

Die durchgeführten Bodenuntersuchungen (vgl. Kap. 2.3., S. 20 und Kap. 4.3., S. 128) sollten Aufschluß über etwaige Belastungsunterschiede geben, um die mit Lichenen ermittelten Zonen zu untermauern. Es wurden pH-Wert, organische Substanz, Stickstoffgehalt, Bodenart und Bodenzustand bestimmt. Die pH-Werte (vgl. Tab. 24, S. 128) in 5 cm Bodentiefe schwanken zwischen pH 4,7 (vgl. Karte 8, S.235, C/7) und pH 6,4 (z.B. G/7). Trotz der Unterschiede lassen sich keine Aussagen über pH-Schwankungen als Folge von Belastungsfaktoren machen, da nicht schlüssig geklärt werden konnte, inwieweit direkter anthropogener Einfluß oder allochthones Material eine Rolle gespielt haben. Auch die Werte der organischen Substanz sind von Standort zu Standort so unterschiedlich, daß sie für eine Raumgliederung ungeeignet sind, weil das Faktorengefüge nicht befriedigend geklärt werden konnte. Die Stickstoffversorgung aller untersuchten Standorte war ausreichend und konnte somit auch nicht zur Argumentation verwandt werden. Die Erfassung der Bodenart und des Bodenzustandes erlaubt im Saarbrücker Talkessel keine Abgrenzung von unterschiedlichen Belastungsräumen. Erstens sind nur die acker- und gartenbaulich genutzten Flächen geschätzt (vgl. Karte 8, S. 235 und Kap. 2.3.4., S. 22) und zweitens sind die Zustandsstufen so heterogen, daß sie für größere Räume nicht repräsentativ sein können. Fest steht nur, daß die Flußalluvionen die höchsten Bodenzustandswerte (vgl. Karte 8, S.235

erreichen, was auch ohne spezielle Untersuchungen hätte festgestellt werden können (HILPOLSTEINER 1958; BECK 1968; HARTGE 1971). Daß Immissionen von Industrie, Kraftfahrzeugverkehr und Hausbrand die Böden stark beeinflussen steht zwar fest, konnte aber mit den angewandten Methoden und den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht dezidiert belegt werden außer bei den zusätzlichen pH-Wertbestimmungen an der Komposterde (pH 5,0) der Lepidiumexponate (vgl. Tab. 16, S. 83 und Abb. 13, S. 84). Hier konnte signifikant nachgewiesen werden, daß die pH-Werte mit den verschiedenen Flechtenzonen korrelieren. In den stark belasteten Zonen IV und V nehmen die pH-Werte zu (vgl. Abb. 13, S. 84), in der mittleren Kampfzone dagegen sind die pH-Werte am niedrigsten. Dies ist wiederum ein Beweis für die hohe basische Immissionsbelastung im Ballungsbereich.

Im Gegensatz zu den Bodenuntersuchungen waren die Baumrinden-pH-Messungen (vgl. Kap. 2.4., S. 26 und Kap. 4.4., S. 129) als Nachweis von Räumen mit unterschiedlicher Luftqualität sehr geeignet. Ein Nachteil bei den Untersuchungen in Saarbrücken ist die sehr geringe Präsenz von Waldbaumarten im eigentlichen Bebauungsbereich, so daß Fagus und Quercus nur in den großen Waldgebieten untersucht werden konnten (vgl. Karte 1, S. 228). Die pH-Durchschnittswerte der pro Planquadrat untersuchten Bäume streuen bei Fagus nur um 0,53 und bei Quercus um 0,42, so daß man keinen Belastungsgradienten erstellen kann. Signifikant sind jedoch die Ergebnisse der Messungen an häufig vorkommenden Baumarten im bebauten Stadtbereich (vgl. Abb. 41-44, S. 133-136). Bei sechs untersuchten Baumarten (Acer, Aesculus, Betula, Malus, Platanus, Robinia) ist zwar grundsätzlich die gleiche Tendenz zu erkennen, aber das artspezifische Rindenmilieu (Rindenoberfläche, -dicke, -bewuchs,

-pH etc.) prägt doch mehr oder weniger den Indikatorcharakter der Taxa (KÖHM & LÖTSCHERT 1972,1973; TÜRK & WIRTH 1974,1975). Indikatorarten mit geringer Trennschärfe, d.h. mit gut gepufferten Rinden (wobei auch die Rindenstruktur eine gewisse Rolle spielt), sind im oberen ph-Bereich Acer (pH 5,6) und Malus (pH 5,3) und im unteren Bereich Robinia mit einem pH von 3,2. Der große Unterschied zwischen Acer und Robinia zeigt Schwächen bei Flechtenuntersuchungen mit nur wenigen Baumarten auf. Würde man sich nur auf Acerrinde beschränken und zusätzliche basische Staubbelastungen haben, so würde man Flechtenzonen anders begrenzen müssen (alle acidophilen Lichenen würden zurückweichen) als bei der Auswahl von z.B. nur Robiniarinde, die gerade für acidophile Flechten ein ideales Substrat wäre. Weniger gut gepuffert als die vorgenannten Rinden sind Aesculus-, Betula- und Platanusrinden und somit die für Saarbrücken valideren Indikatoren. Sowohl beim Nord-Süd-Profil als auch beim West-Ost-Profil steigen die pH-Werte zum Stadtinnern (F-G/5, F-G/6) hin an. Dabei zeigt sich ein aufsteigender Gradient vom Norden zum Süden und vom Westen zum Osten, was orographisch und klimatologisch bedingt ist und mit der Verteilung der Industriestandorte (vgl. Karte 3, S. 230) und der Bebauungsdichte zusammenhängt. Zwischen Rinden-pH-Wert und Belastungszonen bestehen im Stadtgebiet also enge kausale Beziehungen.

Die Baumrinden-pH-Werte werden in erster Linie von Staubimmissionen beeinflußt. Die Hauptstaubemittenten in Saarbrücken sind die Industrie und der Kraftfahrzeugverkehr. Für den Stadtteil Burbach ermittelte das Staatliche Institut für Hygiene und Infektionskrankheiten (RUMLER et al. 1966-75) I_1-Werte bis zu 1,90 gr/m^2/Tag (1971/72) und I_2-Werte bis zu 5 gr/m^2/Tag (1969/70). Vergleichbare Werte

konnten mit einfachen Methoden gewonnen werden (vgl. Kap. 2.5., S. 27 und Kap. 4.5., S. 137), die zu ähnlichen Wertekorrelationen führten wie die Untersuchungen mit Bergerhoff-Geräten. Karte 9 (S. 236) zeigt die Staubbelastung, wie sie in übereinstimmender Weise auch vom Hygiene-Institut festgestellt wurde. Daß in der Karte keine Arealgrenzen auftreten, liegt an der Erfassungsmethode (Mittelwerte eines Planquadrates). Bei der Darstellung von Staubimmissionen mit Isolinien sollte man sich vor einer voreiligen Abgrenzung hüten, da Verdriftung, Korngrößenverteilung und Dichte von zahlreichen klimatischen und orographischen Faktoren abhängen, die mit dem herkömmlichen Meßstellennetz nur unzureichend erfaßt werden können. Die Staubbelastungsgebiete hängen in erster Linie von den in Karte 3 (S. 230) dargestellten Dichtezonen industrieller Anlagen ab. Es ist erstens der Komplex der Burbacher Hütte (14-24), der von weiteren Anlagen ringförmig umgeben wird (1, 2, 25, 26, 69, 66, 59, 33, 67). Daran schließt sich nach Osten, am linken Saarufer, eine aufgelockerte Übergangszone an. Auf der rechten Saarseite im Stadtteil St.Johann, zwischen Ursulinenstraße und Uhlandstraße, ist die zweite Dichtezone mit zahlreichen Emissionsquellen auf engstem Raum. Zwischen Lessingstraße und dem Helmers-Wald, am Südrand des Kaninchenberges, erstreckt sich die dritte Dichtezone, die jedoch nicht an der Stadtgrenze aufhört, sondern sich über den Halberg (38) bis zur Halberger Hütte nach Brebach (nicht mehr eingezeichnet) fortsetzt. Sieht man einmal von den punktuell auftretenden Einzelanlagen ab, so kann man feststellen, daß sich alle größeren industriellen und gewerblichen Emissionsquellen im Saartalbereich befinden und dem Fluß in Süost-Nordwest-Richtung folgen. Allein die Verteilung der Industrie- und

Gewerbeanlagen, ohne die in diesem Bereich noch zusätzlich hohe Wohndichte (vgl. Kap. 3.2.1., S. 66), spiegelt die zwangsläufige Qualitätsminderung auf dem luft- und wasserhygienischen Sektor wider. Dabei wirkt sich besonders die ungünstige Lage der Großemittenten Halberger- und Burbacher Hütte aus. Diese beiden Werke nehmen innerhalb des Stadtwindsystems eine Schlüsselposition ein. Je ein Hüttenwerk liegt in einer bevorzugten Windrichtung vor dem Stadtgebiet, so daß bei Westwinden die Emissionen von Röchling Burbach und bei südlichen Winden die der Halberger Hütte in das Stadtsystem eingeweht werden. Karte 9 (S. 236) läßt sechs gut unterscheidbare Belastungszonen erkennen. Die Werte sind Mittelwerte aller pro Planquadrat untersuchten Standorte und geben somit einen Gesamtüberblick, ohne jedoch lokale Spezifitäten zu berücksichtigen. Die am stärksten mit Stäuben belasteten Gebiete sind die Planquadrate D/5, E/5 und der gesamte sich anschließende Talbereich mit ziemlich hohen Staubkorngrößen. Die geringen Werte in den peripheren Waldgebieten sind ein Beweis für die Filterfunktion von Waldbiotopen und damit für die Dringlichkeit ihrer Inschutzstellung.

Die im Rahmen der Untersuchungen durchgeführten Schwefeldioxidmessungen (vgl. Kap. 2.6., S. 28 und Kap. 4.6., S. 139) zeigten deutlich, daß die SO_2-Konzentrationen in Saarbrücken nicht so hoch sind wie bisher allgemein angenommen wurde, was auch die Messungen des Amtes für Umweltschutz und des Institutes für Hygiene und Infektionskrankheiten bestätigten. Daß es sich bei den vom Verfasser durchgeführten Messungen (14.-23.10.1974) nur um Stichprobenmessungen handelt, die natürlich nicht für das ganze Jahr gelten können, versteht sich von selbst. Exakte Aussagen werden sich erst nach Auswertung der

Langzeitmeßreihen des Umweltschutzamtes machen lassen. Bei den eigenen Messungen ging es in erster Linie darum, die SO_2-Belastung an verschiedenen Orten über einen Zeitraum von 1-2 Tagen zu erfassen. Die Ergebnisse ließen zwei Schlußfolgerungen zu. Einmal bleibt die Schwefeldioxidbelastung innerhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte und zum anderen wird die Abhängigkeit des SO_2-Pegels vom Produktionsverlauf der Betriebe und dem Verkehrsaufkommen bestimmt. Sehr deutlich ist der SO_2-Anstieg ab 6^{00} Uhr bis etwa 12^{00} Uhr. Die Kurven fallen in der Nachmittagszeit stark ab, um dann gegen 16-18^{00} Uhr einen neuen Höhepunkt zu erreichen. Der dritte Höhepunkt am späten Abend (meist nach 20^{00} Uhr) ist auf Hausbrand- und Industrieemissionen zurückzuführen. Die Verteilung und Höhe der Schwefeldioxidkonzentrationen hängen sehr stark von lokalklimatischen Faktoren ab, die auf geringe Distanzen erheblich schwanken können, so daß die Beurteilung der SO_2-Belastung immer nur auf den Meßpunkt selbst bezogen werden kann.

Mit punktuellen Mikroklimamessungen konnten zwar einige Standorte recht gut charakterisiert werden (vgl. Kap. 2.7., S. 30 und Kap. 4.7., S. 145), eine umfassende Darstellung mesoklimatischer Sachverhalte war jedoch insofern nicht möglich, da das hierzu notwendige Instrumentarium fehlte (GEIGER 1961; WEISCHET 1974; ERIKSEN 1975; CERNUSCA 1973). Wegen der Länge des Meßzeitraumes besitzen die Ergebnisse der 12 im Stadtgebiet ausgesuchten Temperaturmeßstellen (vgl. Karte 10, S. 237 und Tab. 28, S. 145) eine hohe Reliabilität. Standort 5 (H/5) z.B. liegt in einer Kaltluftrinne mit relativ feuchter kühler Luft, die zum Meerwiesertal hin abfließt und dem Talraum häufige Frost- und Rauhreifsituationen beschert. Der thermische Unterschied zwischen dem

kühlen Standort 5 (vgl. Tab. 29, S. 146) und dem wärmeren Standort 10 (F/7) ist relativ hoch, obwohl beide Standorte lagemäßig vergleichbar sind (Nordexposition, gleiche Meereshöhe, freies Gartengelände etc.). Es zeigt sich deutlich, daß zur klimatischen Charakterisierung von Standorten bzw. Räumen (was noch schwerer ist, vgl. ERIKSEN 1975) nur Langzeitmessungen an zahlreichen Meßpunkten verwertbare Ergebnisse liefern. Die diskutative Schwierigkeit von Meßwerten, die bei Meßfahrten ermittelt werden, liegt in der Unwägbarkeit zahlreicher Faktoren (Bebauung, Baumeterialien, Exposition, Sonnenstand, Windeinfluß etc.). Erst mit hoher Fahrtenzahl zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten im langjährigen Mittel, lassen sich in etwa Tendenzen zu einem speziellen Mikro- bzw. Mesoklimatyp erkennen. Mit modernen Fernerkundungsverfahren (SCHNEIDER 1973), die jedoch sehr kapitalintensiv sind, ist es möglich, rasch einen ziemlich genauen Überblick über die thermische Situation von Räumen zu erhalten. Bei den Meßfahrten in der Stadt stellte sich heraus, daß entlang der Saar (vgl. Karte 10, S. 237), in den Tälern der Nebenflüsse und in den Waldgebieten hohe relative Luftfeuchten herrschen. Daß trotz der hohen Luftfeuchten im Saartal die Lichenenzönosen zurückweichen widerspricht eindeutig der "Dürrehypothese" (RYDZAK 1959,1968). Die relative Luftfeuchte ist somit ein Indiz für die vorhandene unterschiedliche Immissionsbelastung im Stadtgebiet, da besonders die niederen Pflanzen (Thallophyten) bei hohen Feuchtewerten eine erhöhte Stoffwechselaktivität haben und dadurch stärker der Kontamination belastender Umweltfaktoren (Emissionen, Immissionen) ausgesetzt sind, als bei Wettersituationen mit niedriger relativer Luftfeuchte (vgl. Kap. 2.2.1., S. 10). Die Kartierung von Feuchteinseln, Kaltlufttälern, -seen und -rinnen (vgl. Karte

10, S. 237) liefert einen wichtigen Beitrag zur Charakterisierung von Raumqualitäten. Die Kenntnis dieser Raumqualitäten und -strukturen erlaubt eine prophylaktische Stadtentwicklungsplanung, die zukünftige Sanierungsmaßnahmen weitgehend überflüssig machen kann.

Chemische Blattanalysen an acht Standorten innerhalb der Stadt (vgl. Kap. 4.8., S. 150) bestätigen das Vorhandensein unterschiedlicher Belastungszonen. Standort Nr. 2 (D/5) östlich der Burbacher Hütte weist die höchsten Konzentrationen von Schadstoffen in der Blattmasse auf. Auffällig ist die sehr hohe Bleikonzentration, die zwei bis sechs mal höher als die anderer Standorte ist und durch die unmittelbare Nähe zur Hauptverkehrsstraße (Hochstraße-Breitestraße) verursacht wird. Die Kraftfahrzeugabgase werden durch eine Ampelanlage (Einmündung Brückenstraße) aufgrund von Anfahr- und Bremsvorgängen noch erheblich verstärkt. Hinzu kommt, daß die Bäume am Standort 2 (Im Rotfeld/Paul-Schmook-Straße) mit ihrem Blattwerk direkt in Höhe der Hauptverkehrsstraße stehen, da zwischen der Straße im Rotfeld und der Hochstraße ein Niveauunterschied von 2-4 m besteht. Besonders hoch sind der Cadmiumwert mit 1,0 ppm und die Fluorkonzentration von 225,0 ppm, was wohl auf die unmittelbare Nähe des Hüttenwerkes Röchling Burbach zurückzuführen ist. Auch der Schwefel- (6,0 °/oo) und Chlorgehalt (6,7 °/oo) sind im Vergleich zu den übrigen Standorten recht hoch. Vergleicht man die peripheren Standorte Nr. 8 (Alter Friedhof, E/6), Nr. 7 (Kaninchenberg, J/6) und Nr. 3 (Friedhof Jägersfreude, H/2) miteinander, so wird die Abhängigkeit der Belastungshöhe von Orographie, Exposition und Hauptwindrichtung deutlich. Obwohl die Nr. 8 (E/6) näher am Industriezentrum liegt als die beiden andern Standorte, ist

die Schadstoffkonzentration in den Blättern aufgrund der Leelage zu den Industrieemissionen geringer als bei Nr. 6 (J/6) und Nr. 3 (H/2).

Die Ergebnisse der Untersuchungen abiotischer und biotischer Kriterien zur Erfassung von Schadräumen zeigen deutliche Koinzidenzen und Kausalitäten zwischen Belastungsgrad, Flechtenrückgang und Kontaminationen. Die Kausalitäten können nicht immer in vollem Umfang erforscht und beantwortet werden. Dazu bedarf es weiterer ökologischer Untersuchungen auf verschiedenen Ebenen (MÜLLER 1974):

1. Erforschung der Indikatorqualitäten neuer Arten und Individuen
2. Erfassung und Darstellung von Biozönosen
3. Erfassung und Darstellung von Ökosystemen.

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur Erfassung von Schadräumen anhand biotischer und abiotischer Parameter und soll als Entscheidungshilfe für umweltrelevante Planungen dienen. Sie schafft Grundlagen für weiterführende vergleichende Untersuchungen.

6. Zusammenfassung

In Saarbrücken wurden anhand ökologischer Kriterien Räume unterschiedlicher Immissionsbelastung aufgezeigt. Zur Raumabgrenzung mittels Flechtenkartierungen eignete sich die pflanzensoziologische Erfassungsmethode nach BRAUN-BLANQUET. Mathematische Methoden, wie die I.A.P.-Methode (De SLOOVER und LeBLANC) und Diversitätsberechnungen (BRILLOUIN; PIELOU; SHANNON) ließen ebenfalls unterschiedlich belastete bzw. strukturierte Räume erkennen. Die mit Lichenen erzielten Ergebnisse wurden durch Untersuchungen mit Pflanzenexponaten ergänzt und gestützt. Die durchgeführten Bodenuntersuchungen stellten kein geeignetes Kriterium zur Abgrenzung von Schadräumen dar. Baumrinden-pH-Untersuchungen ließen sich bedingt als Kriterium verwenden, sofern es sich um weniger gut gepufferte Baumrinden handelte. Staubniederschlagsmessungen eigneten sich gut zur Abgrenzung von Schadräumen, wenn man den Belastungsbegriff definierte. Der Staub stellt in Saarbrücken die Hauptbelastungskomponente dar. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die SO_2-Konzentrationen eine weit geringere Rolle spielen als bisher angenommen wurde. Hohe CO- und Pb-Konzentrationen sind auf eine, durch die Zentralität der Stadt bedingte, starke Verkehrsdichte zurückzuführen. Der Individualverkehr verursacht hohe Belastungen entlang der Hauptverkehrsstraßen, besonders wenn diese durch Täler verlaufen. Die Flächennutzung innerhalb der Stadt bietet kaum Möglichkeiten zur Anlage von dringend notwendigen Grün- und Freiflächen. Die Waldgebiete als "Grüne Lungen" an der Stadtperipherie sind von größter Bedeutung für die Stadtthermik, was durch Klimauntersuchungen nachgewiesen werden konnte. Die festgestellten Schadräume mit unterschiedlichen Belastungen wurden durch physikalisch-chemische Messungen bestätigt.

7. Literatur

AHLNER, S. (1948): Utbredningstyper bland nordiska barrträdslavar. - Acta Phyt. Suecica 22, 1-257.

AHTI, T. (1959): Studies on the caribou lichen stands of Newfoundland. Ann. Bot. Soc. Vanamo 30.

AHTI, T. & A. HENSSEN (1965): New localities for Cavernularia hultenii in eastern and western North America. - Bryologist 68, S. 85.

ALMBORN, O. (1948): Distribution and ecology of some south Scandinavian lichens. - Bot. Notiser Suppl. 1,2, S. 1-252.

ALMS, A. (1832): Über einen neuen Stoff in der Variolaria amara Ach. - Ann. Pharm. 1.

ALTMEYER, E. (1960): Neuere Aufschlußarbeiten im Bereich des Saarkarbons und Aufgaben der Lagerstättenforschung in der nächsten Zukunft. - Mitt. a. d. Markscheidewesen, 67, S. 207-222.

ANDERS, J. (1928): Die Strauch- und Laubflechten Mitteleuropas. - Jena.

ANDRÉ, A. (1934): Untersuchungen über die Einwirkung von schwefliger Säure auf Blattzellen. Diss. Freiburg.

ANDREASEN, A.H.M. & P. GRAVESEN (1949): Preliminary report on investigations of atmospheric pollution. - Trans. Dan. Acad. Techn. Sc. 4, S. 1-72.

ANT, H. (1963): Faunistische, ökologische und tiergeographische Untersuchungen zur Verbreitung der Landschnecken in Nordwestdeutschland. - Abh. Landesmuseum Naturk. Münster 25.

APEL, D. (1973): Kraftverkehr und Umweltqualität von Stadtstraßen. - Schriftenreihe d. Ver. f. Kommunalwissenschaften e.V. Berlin Bd. 40.

ARNOLD, F. (1891, 1892, 1897, 1898, 1900, 1901): Zur Lichenenflora von München. - Ber. d. Bayer. Bot. Ges. I, 1891, S. 1-147
II, 1892, S. 1-76
V, 1897, S. 1-45
VI, 1898, S. 1-82
VII, 1900, S. 1-100
VIII, 1901, S. 1-24

ARZANI, G. (1974): Ökophysiologische Untersuchungen über die SO_2-, HCl- und HF-Empfindlichkeit verschiedener Flechtenarten. - Diss. Gießen, 136 S.

ASHLEY, J.N. & H. RAISTRICK & T. RICHARDS (1939): The biochemistry of microorganisms. LXII. The crystalline coloring matters of species in the Aspergillus glaucus series 2. - Biochem. J. 33, 1291-1303.

ATTERBERG, A. (1908): Studien auf dem Gebiete der Bodenkunde. - Landwirtsch. Versuchsstationen 69, S. 93 ff.

ATWATER, M.A. (1971): The Radiation Budget for Polluted Layers of the Urban Environment. - J. of Appl. Met. 10, S. 205-214.

AUTORENKOLLEKTIV (1973): Auto und Umwelt. - Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen. Gutachten Stuttgart/Mainz.

AWASTHI, D.D. (1960): Contributions to the lichen flora of India and Nepal I. The genus Physcia (Ach.) Vain. - J. Indian Bot. Soc. 39.

BACH, W. (1971): Atmospheric Turbidity and Air Pollution in Greater Cincinnati. - Geogr. Rev. 61, S. 573-594.

BALKS, R. (1958): Pflanzenschäden durch Ölverschmutzung von Boden und Wasser. In: Landw. Wbl. Westf. u. Lippe 115 A, S. 1696.

BANGERL, A. & F. STEINHAUSER (1959): Die Verteilung des SO_2-Gehaltes der Luft im Stadtgebiet von Wien. - Arch. f. Met. (B) 10, S. 132-153.

BARKMAN, J.J. (1958): Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes. - Van Gorcum, Assen.

BARKMAN, J.J. (1961): de verarming von de cryptogamenflora in ons Land gedurende de laatste honderd jaar. - Natura 58.

BARKMAN, J.J. (1963): de Epifyten-Flora en vegetatie von Midden-Limburg (Belgie). - Verh. Kon. Adad. Wet. Afd. Naturk. 2. Reeks, 54, S. 1-46.

BARKMAN, J.J. (1969): Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. - Van Gorcum Assen. 2. Auflage.

BARNER, J. (1965): Experimentelle Ökologie des Kulturpflanzenanbaues. - Hamburg/Berlin.

BARSCH, D. (1963): Wind, Baumflora und Landschaft. - Freiburger Geogr. H. 1, S. 22-130.

BAUER, E. (1973): Zur ökologisch-physiologischen Indikation von Immissionsschäden im Stadtgebiet von Esslingen. - Diss. Univ. Hohenheim.

BAUER, G. (1955): Die Flurnamen der Stadt Saarbrücken. - Diss. Saarbrücken.

BAUER, K. (1961): Studien über Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmittel auf Fische und Fischnährtiere. Mitteilungen aus der B.B.-anstalt für Land- und Forstwirtschaft 105.

BAUMGARTNER, A. (1952): Zur Phänologie von Laubhölzern und ihre Anwendung bei lokalklimatischen Untersuchungen. Ber.Dt.Wett.US-Zone 42, S.69-73.

BEAUFORT, L.F. de (1951): Zoogeographie of the land and inland waters. - London.

BECK, T. (1968): Mikrobiologie des Bodens. - Bayerischer Landwirtschaftsverlag München.

BECKER, F. (1972): Die Bedeutung der Orographie in der medizinischen Klimatologie. - Geogr. Taschenbuch 1970/72, S. 342-356.

BECKSMANN, E. u.a. (1965): Verhalten von Erdölprodukten im Boden (Gutachten). Bad Godesberg: Bundesministerium f. Gesundheitswesen, 138 S.

BEQUEREL, P. (1948): Reviviscence du Xanthoria parietina desséché avec sa faune, six ans dans le vide et deux semaines à -198°C. Ses conséquences biologiques. - Compt. Rend. Seance Acad. Sci. Paris, 226, S. 1413-1415.

BERG, H. (1959): Nächtlicher Temperaturanstieg am Rande einer Großstadt. Wetter und Leben 11, S. 9-11.

BERGE, H. (1961/62): Die Auswirkungen gas-, rauch- und staubförmiger Luftverunreinigungen auf Laub- und Nadelhölzer. - Mitt. Dt. Dendrolog. Ges. Nr. 62, Jb. 1961/62, S. 66-70.

BERGE, H. (1963): Phytotoxische Immissionen. (Gas-, Rauch- und Staubschäden). - Berlin/Hamburg.

BERGE, H. (1964): Das Problem der Luftverunreinigung. Angew. Bot 37, S. 299-311.

BERGE, H. (1966): Emissionsbedingte Eisenstäube und ihre Auswirkungen auf Wachstum und Ertrag landwirtschaftlicher Kulturen. - Luftverunreinigung, S. 12-18.

BERGE. H. & O. JAAG (1970): Die nichtparasitären Krankheiten. - Handbuch der Pflanzenkrankheiten Bd. I, 4. Lfg.

BERNATZKY, A. (1970): Grünflächen und Stadtklima. - Städtehygiene 21, H. 6, S. 131-135.

BERNATZKY, A. (1972): Großstadtklima und Schutzpflanzungen. - Nat. u. Mus. 102 (11), S. 425-431.

BERTHOLD, P. (1973): Fortschreitende Rückgangserscheinungen bei Vögeln: Vorboten des "Stummen Frühlings". - Mitt. a.d. Max-Planck-Ges. 1, S.18-33.

BERTSCH, K. (1964): Flechtenflora von Südwestdeutschland. Stuttgart.

BERTSCH, A. & H. BUTIN (1967): Die Kultur der Erdflechte Endocarpon pusillum im Labor. - Planta 72, S. 29.

BESCHEL, R.E. (1950): Stadtflechten und ihr Wachstum.- Diss. Innsbruck.

BESCHEL, R. (1954): Eine Flechte als Niederschlagsmesser. - Wetter und Leben 6, H. 3/4, S. 56-60.

BESCHEL, R. (1958): Lichenometrical studies in West Greenland. - Arctic 11, 254.

BESCHEL, R.E. (1958[a]): Flechtenvereine der Städte. Stadtflechten und ihr Wachstum. - Ber. naturwissen.-med. Verh. Innsbruck 52, Nr. 1, S. 1-158.

BEYER, W. & K.H. SCHWEIGER (1967): Mineralöle im Boden und Grundwasser. In: Wasserwirtschaft - Wassertechnik 17, Nr. 7, S. 226-231.

BIBINGER, H. (1967): Soziologisch-ökologische Untersuchungen der Oberrheinischen epiphytischen Flechtenvegetation unter besonderer Berücksichtigung des Standortfaktors Stickstoff. Diss. Freiburg.

BIBLIOGRAPHIE Nr. 27, Wörterbücher, Glossarien und Begriffserläuterungen über Umweltschutz und Landespflege. Bei: Bundesanstalt für Vegetationskunde, Naturschutz und Landschaftspflege, 53 Bonn-Bad Godesberg, Heerstr. 110.

BIDER, M. (1940): Temperaturunterschiede zwischen Stadt- und Freilandstationen. - Helvetica Physica Acta, Basel 13, S. 5-7.

BIROT, P. (1965): Les Formations végétales du globe. - Sedes/Paris.

BJELANOVIC, M.M. (1967): Mesoklimatische Studie im Rhein- und Moselgebiet. - Diss. Bonn.

BLATTNY, C. & J. BRCAK (1962): Die Bedrohung der Futterpflanzen durch Smog und Poa annua als Indikator dieser Schadquelle. - Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig 11, S. 111-113.

BLÜTHGEN, J. (1966): Allgemeine Klimageographie. - Berlin, 2. Aufl.

BLUMENSTOCK, P.W. & C.W. THORNWAITE (1941): Soils and man. - U.S. Department of Agriculture, Yearbook, Washington.

BLUSKOWA, D. (1965): Über den Einfluß des Reliefs auf die Lufttemperatur. - Angew. Met. 5, 3/4, S. 65-72.

BOBROV, A. (1955): Leaf Structure of Poa annua with Observations on its Smog Sensitivity in Los Angeles County. - Amer. J. Bot. 42, S. 467-474.

BÖRTITZ, S. (1964): Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadenforschung. Biol. Zbl. 83, Heft 4, S. 501-513.

BÖRTITZ, S. & H. RANFT (1972): Zur SO_2- und HF-Empfindlichkeit von Flechten und Moosen. - Biol. Zbl. 91, 613-623.

BOLOGH, J. (1958): Lebensgemeinschaften der Landtiere. Budapest - Berlin.

BORTENSCHLAGER, S. (1969): Flechtenverbreitung und Luftverunreinigung in Wels. - Naturkundliches Jb. d. Stadt Linz, S. 207-212.

BORTENSCHLAGER, S. & H. SCHMIDT (1963): Untersuchung über die epixyle Flechtenvegetation im Großraum Linz. - Naturkundl. Jb. d. Stadt Linz.

BOULY DE LESDAIN, M. (1948): Ecologie de quelques sites de Paris. Encyclop. biogéogr. et écolog. IV, Paris.

BOYSEN-JENSEN, P. (1932): Die Stoffproduktion der Pflanzen. - Jena.

BRAUN-BLANQUET, J. & J. PAVILLARD (1928): Vocabulaire de Sociologie Végétale. - Montpellier, 3.éd.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. - Wien - New York.

BREDEMANN, G. (1956): Biochemie und Physiologie des Fluors. Berlin.

BRIGHTMAN, F.H. (1959): Some factors influencing lichens growth in towns. - Lichenologist 1, H. 3, S. 104-108.

BRILLOUIN, L. (1951): Physical entropy and informations. - J. appl. Physics 22, S. 338-343.

BRILLOUIN, L. (1959): La science et la théorie de l'information. - Paris.

BRILLOUIN, L. (1964): Scientific uncertainty and information. - New York/London.

BRITZELMAYR, M. (1875): Die Lichenen der Flora von Augsburg. - Ber. d. Naturw. Ver. Augsburg 23, S. 32-64.

BRODO, I.M. (1961): Study of Lichen Ecology in Central Long Island, New York. - The American Midland Naturalist, 65, Heft 2, S. 290-310.

BRODO, I.M. (1961[a]): Transplant experiments with corticolous lichens using new technique. - Ecology 42, Nr. 4, S. 838-841.

BRODO, J.M (1966): Lichen growth on cities: a study on Long Island, New York. - Bryologist 69, H. 4, S. 427-469.

BRODO, I.M. (1971): Lichens and air pollution. - Bull. of the Conservations Council of Ontario 18, Nr. 4, S. 4-6.

BRUCKMAYER, F. (1969): Zusammenhang zwischen städtischer Zonung und Straßenverkehrslärm. - Lärmbekämpfung 13, H. 1.

BUCHANAN, C. (1964): Verkehr in Städten. Essen.

BUTIN, H. (1954): Physiologisch-Ökologische Untersuchungen über den Wasserhaushalt und die Photosynthese bei Flechten. - Biol. Zentralbl. 73, S. 459-502.

CANNON. H.L. (1952): The effect of uranium-vanadium deposits on the vegetation of the Colorado Plateau. - Am. J. Sci. 250: 735-770.

CAPOT-REY, R. (1934): La région industrielle sarriose. - Paris.

CARSON, R. (1962): Silent Spring. - Cambridge, Mass.

CERNUSKA, A. (1973): Einsatz mobiler Meßeinrichtungen in der Ökosystemforschung. - Ökosystemforschung (ed.). ELLENBERG, H.S., 195-201.

CLOOS, H. (1933): Zur tektonischen Stellung des Saargebietes. - Z. Deutsche geolog. Ges., 85.

COKER, P. D. (1967): The effects of sulphur dioxide pollution on bark epiphytes. - Transaction of the Brit. Bryological Soc. Vol. 5, Part 2, S. 341-347.

COLINVAUX, P.A. (1973): Introduction to Ecology. - New York/London/Sydney.

CONRAD, V. (1936): Die klimatologischen Elemente und ihre Abhängigkeit von terrestrischen Einflüssen. -

Handb. d. Klimatologie von W. KÖPPEN und R. GEIGER, Berlin.

CRUSE, K. & U. FRITZE (1958): Methoden der pH-Messungen. - Methoden der organischen Chemie, Stuttgart.

CULBERSON, C.F. (1969): Chemical and Botanical Guide to Lichen Products. - University of North Carolina Press.

CULBERSON, W. L. (1967): Analysis of chemical and morphological variation in the Ramalina siliquosa species complex. - Brittonia 19, 333-352.

DÄSSLER, H.G. & H. RANFT (1969): Das Verhalten von Flechten und Mossen unter dem Einfluß einer Schwefeldioxidbegasung. - Flora, Abt. B. 158, S. 454-461.

DAHL, E. & H. KROG (1973): Macro Lichens of Denmark, Finland, Norway and Sweden. - Universitetsforlaget, Oslo.

DANSEREAU, P. (1957): Biogeography, and ecological perspective. - New York.

DARLINGTON, P.J. (1957): Zoogeography. New York/London.

DEGELIUS, G. (1935): Das ozeanische Element der Strauch- und Laubflechten von Skandinavien. - Acta Phyt. Suecica 7, 1-411.

DEGELIUS, G. (1942): Sällsynt substrat för lavar. - Sv. Bot. Tidskr. 36.

DEGELIUS, G. (1962): Über Verwitterung von Kalk- und Dolomitgestein durch Algen und Flechten. - Chemie im Dienst der Archäologie, Bautechnik, Denkmalpflege, Hrsg. HEDVALL, J.A.

DE LATTIN, G. (1949): Beiträge zur Zoogeographie des Mittelmeergebietes. - Verh. dtsch. Zool. Kiel (1948).

DE LATTIN, G. (1951): Über die zoogeographischen Verhältnisse Vorderasiens. - Verh. Dtsch. Zool. Ges. Marburg (1950).

DE LATTIN, G. (1967): Grundriß der Zoogeographie. - Stuttgart.

DE SLOOVER, J. (1964): Végéteaux épiphytes et pollution de l'air. - Revue des Questions scientif., S. 531-561.

DE SLOOVER, J. (1969): Pollutions atmosphériques et tolérance spécifique chez les lichens. - Bull. Soc. Bot. France, Colloque sur les Lichens, 1967. Mémoires 1969, S. 205-217.

DE SLOOVER, J. & F. LeBLANC (1968): Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichens sensitivity. - Proceeding of the Symposium on Recent Advances in Tropical Ecology, S. 42-56.

DE SLOOVER, J.R. & J. LAMBINON (1965): Contribution à l'étude des lichens corticoles du bassin de la Dendre. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 98: 229-273.

DICKEL, H. (1966): Probleme phänologischer Methodik am Beispiel einer naturräumlichen Gliederung des Kreises Marburg/Lahn. - Marb. Geogr. Schr. 31.

DICKEL, H. (1970): Zur phänologischen Netzbeobachtung in Siedlungen. - Met. Rdsch. 23, H. 3, S. 80-83.

DIEM, M. (1956): Messungen der Staubausbreitung aus den Schloten einer Industrieanlage am Niederrhein. - Mitt. Vereinig. Großkesselbesitzer 42.

DIEM, M. (1957): Staubniederschlagsmessungen vor und bei Betrieb eines Dampfkraftwerkes. - Meteorol. Rundsch. 10, S. 145-150.

DIEM, M. (1960): Messungen von Staubniederschlägen. - Staub 20, H. 8, S. 278.

DIEM, M. & G. JURKSCH (1961): Vergleichsmessungen des Staubgehaltes der Luft nach Niederschlags- und Konzentrationsmethoden. - Staub 21, S. 345-355.

DIRMHIRN, I. (1952): Über das Klima in den Wiener Straßenbahnwagen. - Wetter und Leben 4, S. 158-162.

DJALALI, B. (1973): Flechtenkartierung und Transplantatuntersuchungen im Stadtgebiet von Stuttgart. - Hohenheimer Arbeiten, Schriftenreihe d. Univ. Hohenheim. Reihe-Biologie, Heft 74, S. 16-30.

DJALALI, B. (1974): Flechtenkartierung und Transplantate als Indikatoren der Luftverunreinigung im Ballungsraum Stuttgart. - Diss. Univ. Hohenheim.

DOMRÖS, M. (1966): Luftverunreinigung und Stadtklima im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet und ihre Auswirkung auf den Flechtenbewuchs der Bäume. Diss. Bonn.

DOMRÖS, M. (1967): Flechten als Indikator von Luftverunreinigung und Stadtklima. - Städtehygiene 18, Heft 2, S. 33-39.

DOPPELBAUR, H.W. (1959): Studien zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte einiger endolithischen pyrenocarpen Flechten. - Planta 53, S. 246.

DRONIA, H. (1967): Der Stadteinfluß auf den weltweiten Temperaturtrend. - Met. Abh. Inst. Met. Geoph. FU Berlin 74.

DRUMM, R. (1929): Die Geologie des Saar-Nahe-Beckens. - Neunkirchen.

DU RIETZ, G. E. (1932): Zur Vegetationsökologie der ostschwedischen Küstenfelsen. - Beih. Bot. Centralbl. 44, Ergänzungsband.

EDER, R. & F. HAUSER (1925): Untersuchungen über Derivate des Methylanthrachinons. VI. Über den natürlich vorkommenden Frangula-Emodinmonomethyläther. - Helv. Chem. Acta 8, 140-145.

EHRENDORFER, MAURER, KARL (1971): Rindenflechten und Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Graz. - Mitt. naturwiss. Verein Steiermark 100, S.151-189.

EICHLER, W. (1965): Biologische Gefahren der Chemisierung unserer Umwelt durch Insektizide und die Verantwortung des Biologen. In: Biologische Rundschau Bd. 3, S. 227-241.

ELLENBERG, H. (1952): Wiesen und Weiden und ihre standörtliche Bewertung. - Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie 2.

ELLENBERG, H. (1956): Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. - Einführung in die Phytologie, Bd. IV. Hrsg. WALTER, H., Stuttgart.

ELLENBERG. H. (1963): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in kausaler, dynamischer und historischer Sicht. - Einführung in die Phytologie, Bd. IV. Hrsg. WALTER, H. Stuttgart.

ELTON, C. (1927): Animal Ecology. - London.

EMONDS, H. (1954): Das Bonner Stadtklima. - Arb. z. Rhein. Ldk. 7.

ERICHSEN, C.F.E. (1905): Beiträge zur Flechtenflora der Umgebung von Hamburg und Holstein. - Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg 13, S. 44-104.

ERICHSEN, C.F.E. (1928): Die Flechten des Moränengebietes von Ostschleswig. - Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg 70, S. 1-129.

ERICHSEN, C.F.E. (1957): Flechtenflora von Nordwestdeutschland. - Stuttgart.

ERIKSEN, W. (1964): Beiträge zum Stadtklima von Kiel. - Schr. Geogr. Inst. Univ. Kiel 22, 1.

ERIKSEN, W. (1964[a]): Das Stadtklima, seine Stellung in der Klimatologie und Beiträge zu einer witterungsklimatologischen Betrachtungsweise. - Erdkunde 18, H. 4, S. 257-266.

ERIKSEN, W. (1971): Die stadtklimatischen Konsequenzen städtebaulicher Entwicklung. - Städtehygiene 22, H. 11, S. 259-262.

ERIKSEN, W. (1972): Zur Niederschlagsmodifikation im Bereich von Großstädten. Städtehygiene 23, H. 7, S. 164-166.

ERIKSEN, W. (1975): Probleme der Stadt- und Geländeklimatologie. - Erträge d. Forschung Bd. 35, Darmstadt.

ERNST, W. (1969): Pollenanalytischer Nachweis eines Schwermetallrasens in Süd-Wales. In: Vegetatio Bd. 18, S. 393-400.

ERZ, W. (1964): Populationsökologische Untersuchungen an der Avifauna zweier nordwestdeutscher Großstädte. - Z. wiss. Zool. 170, S. 1 -111.

FELDMANN, G. (1965): Bodeninversionen über München-Riem, ihre Häufigkeit und Entwicklung im Tagesgang. Met. Rdsch. 18, S. 3-14.

FELDFÖLDY, L. (1942): Über den Einfluß der Stadtluft auf die Flechtenvegetation der Bäume in Debrecen. - Acta Geob. Hungarica 4, S. 332-349.

FENTON, A.F. (1960): Lichens as indicators of atmospheric pollution. - The Irish Natural. Journ. XIII, Nr. 7, S. 153-159.

FENTON, A.F. (1962): Observations made in Belfast City, Northers Ireland, on the lichens as indicators of atmospheric pollution. World Health Organ. WHO/EBL, Nr. 3, S. 1-6.

FENTON, A.F. (1964): Atmospheric pollution of Belfast and its relationship to the lichen flora. - Irish Naturalist J. 14, S. 237-245.

FERRY, B.W., M.S. BADDELEY & D.L. HAWKSWORTH (1973): Air Pollution and Lichens. - London.

FINCK, A. (1952): Ökologische und bodenkundliche Studien über die Leistung der Regenwürmer für die Bodenfruchtbarkeit. - Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 58, S. 120-145.

FISCH, I. (19-6): Zur hygienischen Bedeutung von Grünanlagen für das Klima in Großstadtgebieten. - Bez.-Hyg.-Inst. Berlin, S. 1-74.

FISCHER, E.H.& H.O.L. FISCHER (1913): Über die Carbomethoxy-Derivate der Phenolcarbonsäuren und ihre Verwendung für Synthesen. - Ber. dtsch. chem. Ges. 46, S. 1138.

FISCHER, F. (1952): Die Diluvial-Terrassen der Saar zwischen Saarbrücken und Saargemünd. - Ann. Univ. Sarav. Naturwiss.

FISCHER, F. (1956): Bemerkungen zur Morphologie der Hochflächen zwischen der unteren Saar und der Mosel. - Arb. aus d. Geogr. Inst. der Univ. des Saarlandes, 1, S. 81-87.

FISCHER, F. (1957): Beiträge zur Morphologie des Flußgebietes der Saar. - Arb. aus d. Geogr. Inst. der Univ. d. Saarlandes, 2.

FLACH, E. & H. WÜRFEL (1952): Zur Kenntnis der lufthygienischen Eigenschaften Berlins und seiner Randgebiete. - Z. f. angew. Met. 1, S. 161-169.

FÖRSTER, D. & U. RUGE (1970): Versuch zur Beurteilung des Stadtklimas von Hamburg auf Grund der Verbreitung epiphytischer Flechten. - Städtehygiene, S. 30-32.

FOLLMANN, G. (1965): Das Alter der Steinriesen auf der Osterinsel. Flechtenstudien als Hilfsmittel der Datierung. - Umschau 12, S. 374.

FOLLMANN, G. (1967): Zur Bedeutung der Salzbestäubung für den Wasserhaushalt von Küstenflechten. - Ber. dtsch. Bot. Ges. 80, S. 206.

FRÄNZLE, O. (1974): Biophysikalische Aspekte der floristischen Diversität des tropischen Regenwaldes. - Manuskript.

FRANKE, H. (1969): Handbuch der Physik. Stuttgart.

FRANZ, H. (1950): Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege. - Akademie-Verlag Berlin.

FREITAG, H. (1962): Einführung in die Biogeographie von Mitteleuropa unter besonderer Berücksichtigung von Deutschland. - Stuttgart.

FREY, Ed. (1958): Die anthropogenen Einflüsse auf die Flechtenflora und -vegetation in verschiedenen Gebieten der Schweiz. Ein Beitrag zum Problem der Ausbreitung und Wanderung der Flechten. - Veröff. geobt. Inst. d. ETH, Stiftung Rübel 33, S. 91-107.

FURNARI, F. & F. LUCIANI (1962): Esperienze sulla crescita dei micobionti in Sarcogyne similis e Acarospora fuscata in coltura pura su vari substrati. - Boll. Ist. Bot. Univ. Catania 3, S. 39.

GALUN, M. (1970): The Lichens of Isreal. - The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.

GALUN, M., K. MORTON & R. BEHR (1972): A method for the culture of lichen thalli under controlled conditions. - Arch. Microbiol. 83, S. 189.

GAMS, H. (1969): Flechten. - Kleine Kryptogamenflora, Bd. III, Stuttgart.

GANSSEN, R. (1965): Grundzüge der Bodenbildung. - B.I. 327.

GARBER, K. (1962): Über die Aufnahme von Schadstoffen durch die Rinde der Bäume. - Wiss. Z. TH Dresden 11, Nr. 3, S. 549-552.

GARBER, K. (1967): Luftverunreinigung und ihre Wirkungen. - Berlin.

GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig .

GEOLOGISCHE KARTE DES SAARLANDES 1 : 50 000 (1955). Hrsg. von der Geologischen Landesanstalt des Saarlandes, Saarbrücken.

GEORGII, H. W. (1963): Die Belastung der Großstadtluft mit gasförmigen Luftverunreinigungen. - Umschau 24, S. 757-762.

GEORGII, H.W. (1973): Weltweite anthropogene Beeinflussung der Atmosphäre. - Umwelt und Gesellschaft. Marburger Forum Philippinum. S. 21-30 (Hrsg. BOMMER, W.).

GERICKE, M. (1961): Zur Einbeziehung großräumiger atmosphärischer Eigenschaften in mesometeorologische Modelle. - Z. f. Met. 22, H. 11/12, S. 332-347.

GILBERT, O.L. (1969): The effect of SO_2 on lichens and bryophytes around Newcastle upon Tyne. - Air Pollution Wageningen. S. 223-235.

GILBERT, O.L. (1971): The effect of airborne fluorides on lichens. - Lichenologist 5, S. 26-32.

GILGEN, A., E. GRANDJEAN &H.U. WANNER (1964): Untersuchungen mit Diem'schen Haftfolien. - Staub 24, S. 20-23.

GREBE, H. (1887): Über geologische Aufnahmen an der Mosel, Saar und Nahe im Sommer 1887. - Jb. Pr. Geolg. Landesanstalt.

GROENHART, P. (1958): Two new Malaysian lichens. - Blumea Suppl. 4, S. 107.

GRUNDMANN, W. (1933): Über die Wärmeeinstrahlung von Sonne und Himmel in Breslau-Krietern, Breslau-Stadt und auf der "Hohen Eule". Gerl. B.G.Ph. 40, S. 177-186.

GRUPE, H. (1966): Gefährdeter Lebensraum. I. Über die Wirkung der Abgase auf die Baumflechten Lüneburgs

und der näheren Umgebung. Jahresh. naturwiss. Ver. Fürstentum Lüneburg 29, S. 15-19.

GUDERIAN, R. & H. STRATMANN (1962): Freilandversuche zur Ermittlung von Schwefeldioxidwirkungen auf die Vegetation. Forschungsber. Nordrhein-Westf. Nr. 1118, S. 1-102.

GUTHOF, O. & R. GABLESKE (1968): Auswirkungen des Verkehrslärmes auf den Lebensbereich des Menschen. - Das öffentliche Gesundheitswesen 30, H.1.

GUTHÖRL, P. (1955): Der heutige Stand der geologischen Forschung im Saar-Steinkohlengebiet. - Bergbau, 7, Herne.

HAECKEL, E. (1866): Generelle Morphologie der Organismen. - Berlin.

HAECKEL, E. (1870): Über Entwicklungsgang und Aufgabe der Zoologie. - Jenaische Z. Med. Naturw. 5, S. 352-370.

HÄYREN, E. (1914): Landvegetation und Flora der Meerfelsen von Tvärminne. - Acta. Soc. Fauna et Flora Fenn. 39.

HAIRSTON, N.G.(1959): Species abundance and community organization. - Ecology 40, S. 404-416.

HALLER, A. von (1972): Überleben genügt nicht. Langenburg.

HARTGE, K.H. (1971): Die physikalische Untersuchung von Böden. - Stuttgart.

HARTMANN, Ulrich (1971): Beitrag zum Problem der Kriterien für die Bestimmung von Grenzertragsflächen. In: AVA-Mitt. Nr, 1, S. 17-21.

HAUGSJA, P. K. (1930): Über den Einfluß der Stadt Oslo auf die Flechtenvegetation der Bäume. - Nyt. Mag. f. Naturvidensk. 68, S. 1-116.

HAUT, van H. & H. STRATMANN (1970): Farbtafelatlas über Schwefeldioxid-Wirkungen an Pflanzen. - Essen.

HAWKSWORTH, D.L. & F. ROSE (1970): Qualitativ scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature 227, S. 145-148.

HEER, O. (1835): Die Vegetationsverhältnisse des südöstlichen Teiles des Kantons Glarus - Mitt. a. d. Geb. d. theoret. Erdkunde. Zürich.

HEGGESTAD, H.E., F.R. BURLESON, J.T. MIDDLETON & E.F. DARLEY (1964): Leaf injury on tobacco varieties resulting from ozone, ozonated hexene-1 and ambient air of metropolitan areas. Internat. J. Air Pollut. 8, S. 1-10.

HEIDT, V. (1974): Flechtenkartierung und die Beziehung zur Immissionsbelastung des südlichen Münsterlandes. - Diss. Gießen.

HEILING, A. (1933): Untersuchungen über den Einfluß gasförmiger Luftverunreinigungen auf die pflanzliche Transpiration nebst einigen Voruntersuchungen zur üblichen Methodik der Transpirationsbestimmungen. - Phytopath. Z. 5, S. 435-492.

HEMMER, A. (1918): Untersuchungen über Oberflächengestaltung und Talstufen im Flußgebiet der oberen Saar. - Mitt. Ges. f. Erdk. u. Kolonialwesen f. 1915/1916. Straßburg.

HENDRICKSON, J.R. & W.A. WEBER (1964): Lichens on Galapagos giant tortoises. - Science 144, S. 1463.

HENGL, F. (1923): Versuche über künstliche Rauchschäden mit schwefliger Säure. - Wiener landw. Zeitg. 73.

HERTEL, H. & C. LEUCKERT (1969): Über Flechtenstoffe und Systematik einiger Arten der Gattungen Lecidea, Placopsis und Trapelia mit C+ rot reagierendem Thallus. - Willdenowia 5, 369-383.

HESSE, R. (1924): Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. - Jena.

HETTCHE,H.O. (1960): Pflanzenschäden durch Kraftfahrzeugabgase. - Städtehygiene 11, S. 238-239.

HETTCHE, H.O. (1971): Pflanzenwachs als Sammler für polyzyklische Aromate in der Luft von Wohngebieten. - Staub 31. S. 72-76.

HEYER, E. (1972): Witterung und Klima. - Leipzig.

HILL, D. J. (1971): Experimental study of the effect of sulphite on lichens with reference to atmospheric pollution. - New Phytol. 70, S. 831-836.

HILPOLSTEINER, L. (1958): Der Anteil des Oberbodens an organischer (verbrennlicher) Substanz in deren Raumwirkung gesehen. - Mitt. Landeskultur, Moor- u. Torfwirtschaft 5, S. 51-54.

HØEG, O. A. (1934): Zur Flechtenflora von Stockholm. - Nyt. Mag. f. Naturv. 72, S. 130-136.

HÖSCHELE, K. (1970): Ein Modell zur Bestimmung des Einflusses der klimatischen Bedingungen auf den Wärmehaushalt und das thermische Befinden des Menschen. - Arch. Met. Geoph. Bickl. Ser. B, 18, S. 83-99.

HÖSER, N. (1973): Bestimmung und Interpretaion der Artendichte (speciesdiversity) von Vogelbeständen aus Zählergebnissen unterschiedlichen mathematischen und biologischen Charakters. Beitr. Vogelkd., Leipzig 19, H. 5, S. 313-328.

HOLOVSKY, M. (1967): Immissionen und Waldzönosen. Jevany und Praha. p. 39.

HORNEY, G. (1966): Die Schehenblüte 1965 im Wispertal. - Met. Rdsch. 19, 5, S. 133-136.

HORNEY, G. (1970): Die mikroklimatische Standortbeurteilung im Weinbau. - Weinberg und Keller 18, 2, S. 61-78.

HUECK, K. (1936): Pflanzengeographie Deutschlands. - Berlin.

HURKA, H. & S. WINKLER (1973): Statistische Analyse der rindenbewohnenden Flechtenvegetation einer Allee Tübingens. - Flora 162, S. 61-80.

ILLIES, J. (1972): Für eine menschenwürdige Zukunft. - Die gemeinsame Verantwortung von Biologie und Theologie. - Freiburg.

IVERSEN, I. (1936): Biologische Pflanzentypen als Hilfsmittel in der Vegetationsforschung. Kopenhagen.

JAMRICH, V., M. MANICA & J. PAGAN (1960): Nekrotisierungsform des Eingriffes der Fabrik-Rauchgase an den Nadeln der Kiefer. - Sbor. Ved. prâc VSLD Zvolen 1, S. 129-146.

JEANNEL, R. (1942): La genèse des Faunes terrestres. - Eléments de biogéographie. Paris.

JONES, W. (1952): Some observations on the Lichen flora of tree boles with special reference to the effects of smoke. - Rev. Bryologique et Lichénologique 21, S. 96-115.

JÜRGING, P. (1975): Epiphytische Flechten als Bioindikatoren der Luftverunreinigung - dargestellt an Untersuchungen und Beobachtungen in Bayern. - Bibliotheca Lichenologica 4.

JUNG, D. (1952): Eine Neukartierung des Ausgehenden des Holzer Konglomerates. - Ann. Univ. Sarav. 1, S. 270-275, Saarbrücken.

KALB, K. (1970): Flechtengesellschaften der vorderen Ötztaler Alpen. - Dissertationes Botanicae 9, Lehre.

KAPPEN, H. (1929): Die Bodenazidität. Berlin.

KAPPEN, L. & O.L. LANGE (1970): The cold resistance of phycobionts from macrolichens of various habitats. - Lichenologist 4, S. 289.

KAPPEN, L, & O.L. LANGE (1972): Die Kälteresistenz einiger Makrolichenen. - Flora 161, S. 1.

KATZ, M. (1964): Die physikalische und chemische Natur der Luftverunreinigung. - Verunreinigung der Luft, Ursachen, Wirkungen, Gegenmaßnahmen, S. 91-151. Weinheim.

KAYSER, CH. & O. KIESE (1974): Energiefluß und -umsatz in ausgewählten Ökosystemen des Sollings. - Abh. Dtsch. Geogr.-Tag Kassel 1973, S. 484-491, Wiesbaden.

KELLER, H. (1958): Beiträge zur Erfassung der durch schweflige Säure hervorgerufenen Rauchschäden an Nadelhölzern. - Forstwiss. Forsch. (Beihefte z. Forstwiss. Zbl.) Heft 10, S. 5-63.

KELLER, Th. & H. PREIS (1967): Der Bleigehalt von Fichtennadeln als Indikator einer verkehrsbedingten Luftverunreinigung. Z. Forstwesen 3, S. 143-162.

KIEMSTEDT, H. (1971): Natürliche Beeinträchtigungen als Entscheidungsfaktoren für die Planung. - Landschaft und Stadt 2, S. 80-85.

KILIAS, H. (1974): Die epiphytische Flechtenvegetation im Stadtgebiet von Erlangen. Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 33, S. 99-170.

KIRSCHBAUM,U. (1972): Flechtenkartierungen in der Region Untermain zur Erfassung von Immissionsbelastungen. - Tagungsber. d. Ges. f. Ökologie Gießen, S. 133-140.

KIRSCHBAUM, KLEE, STEUBING (1971): Flechten als Indikatoren für die Immissionsbelastung im Stadtgebiet von Frankfurt/M. - Staub-Reinhaltung d. Luft 31, Nr. 1, S. 21-24.

KLEE, R. (1970): Die Wirkung von gas- und staubförmigen Immissionen auf Respiration und Inhaltsstoffe bei Parmelia physodes. - Angew. Bot. 44, Heft 5/6, S. 253-261.

KLEMENT, O. (1951): Der ökologische Zeigerwert der Flechten in der Forstwirtschaft. - Forstarchiv 22, Heft 9/10, S. 138-140.

KLEMENT, O. (1955): Prodromus der mitteleuropäischen Flechtengesellschaften. - Feddes Repert., Beih. 135, S. 5-194.

KLEMENT, O. (1958): Die Flechtenvegetation der Stadt Hannover. - Beitr. z. Naturkunde Niedersachsens 11, H. 3, S. 56-60.

KLEMENT, O. (1966): Vom Flechtensterben im nördlichen Deutschland. - Ber. Naturhist. Ges. Hannover 110, S. 55-68.

KLINK, H.J. (1972): Geoökologie und naturräumliche Gliederung - Grundlagen der Umweltforschung. - Geogr. Rdsch. 24, S. 7-19.

KLOKE, A. & H. LEH (1963): Der Einfluß von Mineralöl im Boden auf die Pflanzenentwicklung. In: Nachrichtenbl. d. Dt. Pflanzenschutzdienstes 15, H. 6, S. 85-88.

KLOMANN, U. (1974): Bodenarthropoden unter Immissionsbelastung (unter besonderer Berücksichtigung der Familie Carabidae, Coleoptera). - Unveröff. Staatsexamensarbeit, Abt. Biogeographie, Univ. Saarbrücken.

KMOCH, H. G. (1962): Die Luftdurchlässigkeit des Bodens. - Bornträger Berlin.

KNAPP, R. (1958): Arbeitsmethoden der Pflanzensoziologie und Eigenschaften der Pflanzengesellschaften. - Einführung in die Pflanzensoziologie Heft 1.

KNAPP, R. & H.F. LINSKENS (1953): Beobachtungen über den Einfluß einiger mediterraner Pflanzengesellschaften auf Mikroklima und Bodenfeuchtigkeit. - Angew. Bot. 27, S. 48-69.

KNEUPER, G. (1960): Die Hauptüberschiebung des Saarkarbons im Bundsandstein-Deckgebirge an der saarländisch-lothringischen Grenze bei Schönecken/ Gersweiler. - Geol. Jb., 77, S. 581-590. Hannover.

KNEUPER, G. (1965): Zur Entstehung und Entwicklung der Saar-Nahe-Senke. - Z. d. Deutsch. Geol. Ges., 117, S. 312-322. Hannover.

KOCH, H.G. (1970): Geländeklimatische Bewölkungseffekte der Grundschicht bei Mittelgebirgsföhn. - Beitr. z. angew. Met. Abh. Met. D. DDR 13, S. 35-50.

KÖHM, H.J. & W. LÖTSCHERT (1972): pH-Wert und S-Gehalt der Baumborke als Indikatoren für Luftverunreinigung im urban-industriellen Ökosystem um Frankfurt a. M. - Tagungsbericht der Gesellschaft f. Ökologie 1972. Gießen, S. 147-152.

KOFLER, L., F. JACQUARD, J.-P. MARTIN (1969): Influence de fumées d'usines sur la germination des spores de certains Lichens. - Bull. Soc. Bot. de France 116, S. 219-230.

KRANZ, A. (1964): Ein Beitrag zur Methodik der photoelektrischen Blattflächenbestimmung. Z. angew. Bot. 37, S. 335.

KRATZER, P.A. (1956): Das Stadtklima. - Braunschweig.

KREEB, K.H. (1974): Ökophysiologie der Pflanzen. - Jena.

KREUTZ, W. (1952): Der Windschutz. Windschutzmethodik, Klima und Bodenertrag. Dortmund.

KRÜGER, E. (1951): Rauchschäden durch Zink. - Freiburger Forschungsh. Ausg. B. 6, S. 47-51.

KÜHN, E. & P. VOGLER (Hrsg.) (1957): Medizin und Städtebau - Ein Handbuch für gesundheitlichen Städtebau. - München Bd. 1 und 2.

KÜHNELT, W. (1955): Gesichtspunkte zur Beurteilung der Großstadtfauna (mit besonderer Berücksichtigung der Wiener Verhältnisse). Österr. Zool. Z. 6, S. 30-54.

KÜHNELT, W. (1970): Grundriß der Ökologie. Mit besonderer Berücksichtigung der Tierwelt. - Jena.

KUNZE, M. (1972): Emittentenbezogene Flechtenkartierung auf Grund von Frequenzuntersuchungen. Oecologica 9, S. 123-133.

KUNZE, M. (1974): Mathematischer Zusammenhang zwischen der Frequenz epiphytischer Flechten und der Fluor-Immissionsrate am Beispiel der Aluminiumhütte Rheinfelden. - Beih. zu d. Veröff. d. Landesstelle f. Naturschutz u. Landschaftspflege Baden-Württemberg Heft 5, S. 4-27.

LAATSCH, W. (1957): Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. Dresden/Leipzig.

LAMB, I.M. (1964): Antartic lichens I. The genera Usnea, Ramalina, Himantormia, Alectoria, Cornicularia. - Brit. Antarct. Survey scient. Rep. 38.

LAMB, I.M. & M. ZIMMERMANN (1966): Botanische Erforschung westantarktischer Inselgruppen. Naturw. 53, S. 150.

LAMBINON, J. & P. DESTINAY (1970): La flore épiphytique des arbres fruitiers de la région liégeoise et ses relations avec la pollution de l'air. Lejeunia.

LANDSBERG, H.E. (1970): Man-Made Climatic Changes. - Science, 3964, S. 1265-1274.

LANDSBERG, H.E. (1974): The urban area as target for meteorological research. Bonner Met. Abh. 17, S. 475-480.

LANGE, O.L. (1953): Hitze- und Trockenresistenz der Flechten in Beziehung zu ihrer Verbreitung. - Flora 140, S. 39-97.

LANGE, O.L. (1957): Die Flechte Parmelia paraguariensis als Handelsware in der südlichen Sahara. - Natur und Volk 87, 266.

LANGE, O.L. (1969): Die funktionelle Anpassung der Flechten an die ökologischen Bedingungen arider Gebiete. - Ber. Dtsch. Bot. Ges. 82, H. 1/2, S. 3-22.

LANGE, O.L., E.D. SCHULZE & W. KOCH (1970): Experimentell-ökologische Untersuchungen an Flechten der Negev-Wüste III. CO_2-Gaswechsel und Wasserhaushalt von Krustenflechten am natürlichen Standort während der sommerlichen Trockenperiode. - Flora 159, S. 525.

LANGE, O.L. & H. ZIEGLER (1963): Der Schwermetallgehalt von Flechten aus dem Acarosporetum sinopicae auf Erzschlacken des Harzes. I. Eisen und Kupfer. - Mitt. flor.-soz. Arbeitsgemeinsch. N.F. 10, S. 156.

LARCHER, W. (1973): Ökologie der Pflanzen. Stuttgart.

LAUNDON, J.R. (1965-1967): A Study of the Lichen Flora of London. - The Licheneologist Vol. 3, S. 277-327.

LAUNDON, J.R. (1966): Frost damage to Parmelia caperata. - The Lichenologist 3, S. 273.

LARCHER, W. (1963): Die Leistungsfähigkeit der CO_2-Assimilation höhrer Pflanzen unter Laboratoriumsbedingungen und am natürlichen Standort. - Mitt. d. Florist.-Soz. Arb.gem. 10, S. 20-33.

LeBLANC, F. (1971): Possibilities and Methods for Mapping air pollution on the basis of lichens sensivity. - Mtt. d. forstl. Bundesversuchsanstalt, Wien 92, S. 103-126.

LeBLANC, F. & J. DE SLOOVER (1970): Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mooses in Montreal. - Can. Journal of Botany 48, Nr. 7, S. 1485-1496.

LeBLANC, F. & D.N. RAO & G. COMEAU (1972): The epiphytic vegetation of Populus balsamifera and its significance as an air pollution indicator in Sudbury, Ontario. - Can. Journal of Botany 50, S. 519-528.

LEH, H.O. (1966): Verunreinigung von Kulturpflanzen mit Blei aus Kraftfahrzeugabgasen. - Gesunde Pflanzen 18, H. 2, S. 21-24.

LEMÉE, G. (1967): Précis de Biogéographie. - Paris.

LEUCKERT, C., J. POELT & G. SCHULZ (1970): Chemotaxonomische Probleme in der Flechtengattung Pertusaria. - Dtsch. Bot. Ges. N.F. 4, 45-60.

LEUCKERT, Ch., J. POELT, I. SCHULTZ & B. SCHWARZ (1975): Chemotaxonomie und stammesgeschichtliche Differenzierung des Formenkreises von Parmelia prolixa in Europa (Lichenes, Parmeliaceae). - Decheniana, 127, S. 1-36.

LIEDTKE, H. (1963): Bergbaulandschaft zwischen Saarbrücken und Neunkirchen. - Die Erde, 94, Berlin. S. 93-97.

LIETH, H. (1962): Die Stoffproduktion der Pflanzendecke. - Stuttgart.

LIETH, H. (1963): Das Arbeitsprogramm zur Untersuchung der Stoffproduktion am Botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule Stuttgart-Hohenheim. - Rundschreiben.

LÖBSACK, Th. (1970): Dreck, den wir atmen. - Die Zeit. Jg. 25, Nr. 9.

LÖTSCHERT, W. & H.J. KÖHM (1973): Baumborke als Anzeiger von Luftverschmutzungen. - Umschau 73, 13, S. 403-404.

LORENZ, K. (1973): Die acht Todsünden der zivilisierten Menschheit. München.

LUNDEGARDH, H. (1957): Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena 5. verbesserte Auflage.

LUNDSTRÖM, H. (1968): Luftföroreningars inverkam pa epiphytfloran hos barrträd i Stockholmsomradet. - Studia forest. Suecica, 56.

MACARTHUR, R.H. & E. O. Wilson (1971): Biogeographie der Inseln. - München.

MCHALE, J. (1974): Der ökologische Kontext. - Frankfurt/M.

MÄGDEFRAU, K. (1960): Flechtenvegetation und Stadtklima. - Naturw. Rundschau, 13, Heft 6, S. 210-214.

MAGNUSSON, A.H. (1942): En fyndplats för laver pa ovanliga substrat. - Medd. Göteborgs Bot. Trädg. 15.

MARGALEF, R. (1964): Objet et perspectives fondamentales de l'écologie. - Publ. O.C.D.E. Paris.

MARTEN, W. (1926): Das Strahlungsklima von Potsdam. - Veröff. d. Preuß. Met. I, Bd. 8, Nr. 4.

MATERIALIENBAND ZUM UMWELTPROGRAMM DER BUNDESREGIERUNG (1971): BT-Drucksache VI/2710, IXc Umweltfreundliche Technik (Verkehr).

MATHIAS, K. (1936): Morphologie des Saartals zwischen Saarbrücken und der Saarmündung. - Decheniana, 93, Bonn, S. 1-112.

MATHIAS, K. (1952): Die Entwicklung der Talmäander im Bereiche der unteren Saar. - Ann. Univ. Sarav. Naturw.

MATHIAS, K. (1956): Die Entstehung der Oberflächenformen des Saargebietes. - Geogr. Rundschau, 8, Braunschweig, 8-16.

MATHIAS, K. (1974): Geologie und Geographie des Saarlandes. Wiebelskirchen.

MATTICK, F. (1937): Die Veränderungen der Flechtenflora von Dresden seit 1799. - Feddes repert. spec. novarum regni vegetabilis, Beih. 91, S. 11-26.

MATTICK, F. (1953): Lichenologische Notizen. - Ber. Dtsch. Bot. Ges. 66. S. 263-276.

MAURER, W., R. KARL, L. LACKNER, U.F. EHRENDORFER (1969): Rindenflechten und Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Graz. Reinhaltung der Luft, Beiträge über Graz 1, S. 23-40.

MEADOWS, D. et al. (1972): Die Grenzen des Wachstums-Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. - Stuttgart.

MEUSEL, H. (1959): Arealformen und Florenelemente als Grundlagen einer vergleichenden Phytochorologie. - Forsch. Fortschr. 33.

MIELKE, U. (1971): Epixyle Flechten in der Stadt Magdeburg. - Hercynia N.F. 8, Nr. 2, S. 172-177.

MITSCHERLICH, A. (1965): Die Unwirtlichkeit unserer Städte. Frankfurt 1965, Ed. Suhrkamp Bd. 123.

MOBERG, R. (1968): Luftföroreningars inverkan pa epifytiska lavar i Köpmanholmen. - Svensk. Bot. Tidskr., 62, Nr. 1, S. 169-196.

MOSBACH, K. (1969): Zur Biosynthese von Flechtenstoffen, Produkten einer symbiotischen Lebensgemeinschaft. - Angew. Chem. 81, 233-244.

MORSE, H. (1941): Die Verbreitung baumbewohnender Flechten in Abhängigkeit vom Sulfatgehalt der Niederschlagswässer. - Bioklimat. Beibl. d. Met. Z. 8, S. 58-61.

MÜLLER, E.M. (1954): Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie und Paläogeographie des Oberen Bundsandsteins im Saar-Lothringischen Raum. - Annales Universitatis Saraviensis, Naturwiss., 3, Saarbrücken, S. 176-201.

MÜLLER, E. (1965): Überblick über die Geologie des Saarlandes. - Z. d. Deutsch. Geol. Ges., 117, Hannover, S. 57-60.

MÜLLER, J. (1957): Spezifischer Nachweis von SO_2-Rauchschäden an Pflanzen mit Hilfe von Blattpigmentanalysen. - Naturwiss. 44, 16-453.

MÜLLER, P. (197o): Vertebratenfaunen brasilianischer Inseln als Indikatoren für glaziale und postglaziale Vegetationsfluktuationen. Abhdl. Dtsch. Zool. Ges. Würzburg.

MÜLLER, P. (1971): Biogeographische Probleme des Saar-Mosel-Raumes dargestellt am Hammelsberg bei Perl. - Faun.-flor. Not. Saarl. 4 (1/2),S.1-14.

MÜLLER, P. (1972): Probleme des Ökosystemes einer Industriestadt, dargestellt am Beispiel von Saarbrücken. - Tagungsbericht d. Ges. f. Ökologie Gießen, S. 123-132.

MÜLLER, P. (1972a): Die Bedeutung biogeographischer Methoden für die Bearbeitung saarländischer Umweltprobleme. - Umwelt-Saar, S. 28-4o.

MÜLLER, P. (1972b): Probleme des Umweltschutzes in der Großstadt Saarbrücken. Saarheimat 6/7, S. 124-126.

MÜLLER, P. (1972c): Die Bedeutung der Biogeographie für die ökologische Landschaftsforschung. Biogeographica 1, S. 25-53.

MÜLLER, P. (1973): The Dispersal Centres of Terrestrial Vertebrates in the Neotropical realm. - Biogeographica 2.

MÜLLER, P. (1974): Ökologische Kriterien für die Raum- und Stadtplanung. - Umwelt-Saar.

MÜLLER, P. (1974a): Was ist "Ökologie"? Geoforum 18, S. 78-81.

MÜLLER, P. (1974b): Aspects of Zoogeography. Den Hague.

MÜLLER, P. (1975): Biogeographie und Umweltplanung. - Aus Forschung und Lehre, Hochschule des Saarlandes 8, S. 1-40.

MÜLLER, P., U. KLOMANN, P. NAGEL & A. SCHÄFER (1975): Indikatorwert unterschiedlicher biotischer Diversität im Verdichtungsraum von Saarbrücken. - Verh. d. Ges. f. Ökologie, Erlangen, S. 113-128. The Hague.

MUTHESIUS, T. (1975): Bundes-Immissionsschutzgesetz mit TA-Luft. Textausgabe mit amtlicher Begründung, erläuternden Anmerkungen und Durchführungsvorschriften. Verl. Kohlhammer.

NAGEL, P. (1975): Studien zur Ökologie und Chorologie der Coleopteren (Insecta) xerothermer Standorte des Saar-Mosel-Raumes mit besonderer Berücksichtigung der die Bodenoberfläche besiedelnden Arten. Diss. Saarbrücken.

NAGEL, P. (1976): Die Darstellung der Diversität von Biozönosen. - Manuskript im Druck.

NATHO, G. (1964): Die Verbreitung der epixylen Flechten und Algen im Demokratischen Berlin. - Wissensch. Z. Humboldt-Univ. Berlin, math.-nat. Reihe 13, S.53-75.

NATHO, G. (1966): Flechtenentwicklung in Städten. - Drudea 4, Heft 1, S. 33-44.

NEUBAUER, H.F. (1938): Zur Ökologie von in Buchenkronen epiphytisch lebenden Flechten. - Beitr. Biol. Pfl. 25, S. 273-289.

NIENBURG, W. (1921): Pilze und Flechten. - Aus Natur und Geisteswelt 675.

NYLANDER, M. W. (1866): Les lichens du jardin du Luxembourg. - Bull. de la Soc. Bot de France 13, S. 364-371.

OCHSNER, F. (1927): Ökologische Untersuchungen an Epiphytenstandorten. - Ber. Geobot. Inst. Rübel f. d. Jahr 1934, Zürich 1935, S. 69-80.

ODUM, E.P. (1959): Fundamentals of ecology. - Philadelphia/London 2. Aufl.

ODUM, E.P. (1967): Ökologie. - Bayr. Landwirtschaftsverl. München.

OZENDA, P. & G. CLAUZADE (1970): Les Lichens, étude biologique et flore illustrée. - Paris.

PFEIFFER, H. (1956-57): Pflanzliche Gesellschaftsbildung auf dem Trümmerschutt ausgebombter Städte In Vegetatio Bd. 7, S. 301-320.

PIELOU, E.C. (1966): Shannon's formula as a measurement of specific diversity and its use and misuse. - Amer. Naturalist 100, S. 463-465.

PIELOU, E.C. (1969): An introduction to mathematical ecology. - New York/London/Sydney/Toronto.

PISUT, I. & E. JELINKOVA (1971): Über die Artberechtigung der Flechte Lecanora conizaeoides Nyl. ex Cromb. - Preslia 43, S. 254-257.

POELT, J. (1969): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. - Lehre.

POELT, J. (1974): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. - Vaduz (mit Verbesserungen und Erweiterungen).

POLUNIN, N. (1960): Introduction to plant geography and some related sciences. London.

PYATT, F.B. (1970): Lichens as indicators of air pollution in a steel producing town in South Wales. - Environ. Pollution 1, Nr. 1, S. 45-56.

RÄSÄNEN, V. (1927): Über Flechtenstandorte und Flechtenvegetation im westlichen Nordfinnland. - Ann. Soc. Fenn. Vanamo 7.

REGIONALE PLANUNGSGEMEINSCHAFT UNTERMAIN (1974): Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchung in der Region Untermain. - 5. Arbeitsbericht Frankfurt/M.

REICHRATH, J.J. (1937): Beiträge zur Morphologie und Morphogenese des Flußgebietes der mittleren und unteren Saar. - Decheniana, 96 A, Bonn, S. 3-282.

REIDAT, R. (1969): Einflüsse der modernen Großstadt auf das Klima. - Städtehygiene 20, Heft 8, S. 183-185.

REITER, H. (1885): Die Konsolidation der Physiognomik als Versuch einer Ökologie der Gewächse. - Graz.

REMMERT, H. (1974): Über die Bedeutung der Nahrung für Wachstum und Entwicklung von Tieren. - Verh. d. Ges. f. Ökologie, Saarbrücken. The Hague.

RIEBARTSCH, K. (1963): Zur Bleibestimmung in pflanzlichen Substanzen mit Dithizon. - Landwirtsch. Forsch. 16, Heft 4, S. 290-295.

RIED, H. (1958): Die Siedlungs- und Funktionsentwicklung der Stadt Saarbrücken. - Diss. Saarbrücken.

RÖSCH, A. & F. KURANDT, (1968): Bodenschätzung und Liegenschaftskataster. - Berlin 1950^3. Unveränderter fotomechanischer Nachdruck.

ROHMEDER, E. (1960): Die Wirkung von Staub und Ruß auf den Zuwachs der Fichte. - Forst und Holzwirt 15, H. 13.

RÜCKLIN, H. (1935): Die Diluvialstratigraphie der mittleren Saar sowie allgemeine Bemerkungen zur Schotteranalyse. - Decheniana, 91, Bonn, S. 1-98.

RÜCKLIN, H. (1955): Das Holzer Konglomerat im Saarkarbon. - Geol. Jb., 70, S. 436-507, Hannover.

RUGE, U. & D. FÖRSTER (1970): Versuch zur Beurteilung des Stadtklimas von Hamburg auf Grund der Verbreitung epiphytischer Flechten. - Städtehygiene 21, H. 2, S. 30-32.

RUMLER, F. H. NEIS, R. HERBOLSHEIMER & L. HOFFMANN (1966-1975): Hersg. Minister f. Familie, Gesundheit und Sozialordnung des Saarlandes. Aus dem Staatlichen Institut für Hygiene und Infektionskrankheiten Saarbrücken. H 1: 1966; H. 2: 1968; H. 3: 1969; H. 4: 1971; H. 5: 1972; H. 6: 1973; H. 7: 1974; H. 8: 1975.

RYDZAK, J. (1953): Dislokation und Ökologie von Flechten der Stadt Lublin. Ann. Univ. Mar. Curie-Sklod. Sect. C. 8, H. 9, S. 233-257.

RYDZAK, J. (1959): The influence of small towns on the lichen vegetation. Part I - VII, Ann. Univ. Mar. Curie-Sklod. Sect. C. 13, S. 275-323.

RYDZAK, J. (1968): Lichen as Indicators of the Ecological Conditions of the Habitat. - Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska Lublin, Polonia, Vol. XXIII, Sectio C, 1968, S. 131-154.

RYDZAK, J. & K. KRYSIAK (1970): Lichen Flora of Tomaszow Mazowiecki. In: Vegetatio, Bd. 21, S. 375-398.

SAKAI, A. (1961): Effect of polyhydric alcohols on frost hardiness in plants. - Nature, 189, S. 416-417.

SALK, J. (1975): Wir können überleben. Herder-Verlag.

SANTESSON, J. (1968): Chemical Studies on Lichens 13. A Spot Test for Lichen Xanthones. - Acta Chem. Scand. 22, S. 2393.

SANTESSON, J. (1969a): Chemical Studies on Lichens 10. Mass spectrometry of lichens. - Arkiv Kemi 30, S. 363-377.

SANTESSON, J. (1969b): Chemical Studies on Lichens 20. The xanthones of some crustaceous lichens. - Arkiv Kemi 31, S. 57-64.

SANTESSON, J. (1970): Neuere Probleme der Flechtenchemie. - Ber. dtsch. bot. Ges. N.F. 4.

SAUNDERS, P.J.W. (1970): Air pollution in relation to Lichens and Fungi. - The Lichenologist Vol. 4, S. 337-349.

SCAETTA, H. (1935): Terminologie climatique, bioclimatologique et microclimatologique. - La Mét. 11, S. 342-347.

SCAMONI, A. (1969): Die Arten- und Gruppenmenge in systematischer und ökologischer Sicht. In: Vegetatio Bd. 18, S. 36-43.

SCHADE, A. (1967): Über das Wesen der Flechten und ihre Bedeutung im Haushalt der Natur. - Wiss. Z. d. TU. Dresden 16, Heft 1, S. 35-40.

SCHÄFER, A. (1975): Die Bedeutung der Saarbelastung für die Arealdynamik und Struktur von Molluskenpopulationen. - Diss. Saarbrücken.

SCHEFFER, F., E. PRYZEMECK & W. WILMS (1961): Untersuchungen über den Einfluß von Zementofenflugstaub auf Boden und Pflanze. - Staub 21, S. 251-254.

SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (1966): Lehrbuch der Bodenkunde. - Stuttgart.

SCHINZEL, A. (1960): Flechten und Moose als biologische Indikatoren der Luftverunreinigung. Städtehygiene 11, Heft 4, S. 64-66.

SCHMITHÜSEN, J. (1934): Vegetationskundliche Studien im Niederwald des linksrheinischen Schiefergebirges. - Thar. Forst. Jb. 85.

SCHMITHÜSEN, J. (1935): Über die pflanzensoziologische Untersuchung von Wirtschaftswäldern. - Der Deutsche Forstwirt 17.

SCHMITHÜSEN, J. (1942): Vegetationsforschung und ökologische Standortlehre in ihrer Bedeutung für die Geographie der Kulturlandschaft. - Z. Ges. f. Erdk. zu Berlin.

SCHMITHÜSEN, J. (1948): Fliesengefüge der Landschaft und Ökotop. - Ber. z. dt. Landesk. 5.

SCHMITHÜSEN, J. (1950): Pflanzensoziologie und Phänologie vor hundert Jahren. Ber. d. dt. Landesk. 7.

SCHMITHÜSEN, J. (1950a): Über einige Gesichtspunkte vegetationsgeographischer Auswertung von Dürrebeobachtungen. - Mitt. Flor. soz. Arbeitsgem. N.F. 2.

SCHMITHÜSEN, J. (1956): Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegatation. Bonner Geogr. Abh. 17.

SCHMITHÜSEN, J. (1957): Anfänge und Ziele der Vegetationsgeographie. - P.M. 101.

SCHMITHÜSEN, J. (1958): Probleme der Vegetationsgeographie. - Dt. Geographentag Würzburg 1957. Wiesbaden.

SCHMITHÜSEN, J. (1968): Allgemeine Vegetationsgeographie. - Lehrbuch der allgem. Geographie Bd. IV.

SCHMITHÜSEN, J. (1970): Vegetation und Landschaft. - Vegetatio 20, S. 210-213.

SCHNEIDER, H. (1972): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 159 Saarbrücken. In: Geogr. Landesaufnahme 1 : 200 000 Naturräumliche Gliederung Deutschlands. Bonn-Bad Godesberg.

SCHNEIDER-CARIUS, K. (1961): Das Klima, seine Definition und Darstellung; zwei Grundsatzfragen der Klimatologie. - Veröff. d. Geophysik. Inst. d. Karl-Marx-Universität. Leipzig. Berlin.

SCHÖNBECK, H. (1960): Beobachtungen zur Frage des Einflusses von industriellen Immissionen auf die Krankheitsbereitschaft der Pflanze. Ber. Landesanst. Bodennutzungsschutz, Nordrhein-Westf. S. 89-98.

SCHÖNBECK, H. (1968): Einfluß von Luftverunreinigungen (SO_2) auf transplantierte Flechten.- Naturwiss. 55, S. 451-452.

SCHÖNBECK, H. (1969): Eine Methode zur Erfassung der biologischen Wirkung von Luftverunreinigungen durch transplantierte Flechten. - Staub-Reinh. Luft 29, Nr. 1. S. 14-18.

SCHÖNBECK, H. (1972): Untersuchungen in Nordrhein-Westfalen über Flechten als Indikatoren für Luftverunreinigungen. - Schriftenreihe d. LIB d. Landes NW, 26, S. 99-104.

SCHÖNBECK. H.: Naturwissenschaften 55: 451.:451.

SCHÖNMANNSGRUBER, H. (1970): Herbizide in der Landschaft. In Z. f. Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie). und Pflanzenschutz, Sonderheft V, S. 153-161.

SCHOLZ, H. (1960): Die Veränderungen in der Ruderalflora Berlins. Beitrag zur jüngsten Florengeschichte. - Willdenowia 2 (3), S. 379-397.

SCHÜTTE, K.H. (1965): Biologie der Spurenelemente: Ihre Rolle bei der Ernährung. München.

SCHWABE, G.H. (1973): Umwelt heute. - Stuttgart.

SCHWARZ, K. (1964): Die Emissionen aus Dampfkesselanlagen. - Techn. Überwachung 6, S. 433-439.

SCHWEIGER, H. (1960): Die Insektenfauna des Wiener Stadtgebietes als Beispiel einer kontinentalen Großstadtfauna. - Verh. XI. Intern. Kongr. Entomologie 3, S. 184-193.

SCHWICKERATH, M. (1940): Die Artmächtigkeit. - Feddes Rep. Beih. 54.

SEITZ, W. (1972): Flechtenwuchs und Luftverunreinigung im Großraum von Saarbrücken. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 85, H. 5/6, S. 239-247.

SENDTNER, O. (1854) Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns. - München.

SHANNON, C.E. (1948): A mathematical theory of communication. - Bell. Syst. Techn. J. 27, S. 379-423, 623-656.

SHIBATA, S. (1963): Lichen substances. - Moderne Methoden der Pflanzenanalyse Bd. VI, Hersg. H.F. LINSKENS & M.V. TRACEY.

SHIBATA, S. (1965): Biogenetical and chemotaxonomical aspects of lichen substances. Beiträge zur Biochemie und Physiologie von Naturstoffen. S. 451-465. Jena.

SHIBATA, S. (1967): The chemistry of lichens and fungi. - Chem. Brit. 3, S. 110.

SJÖRS, H. (1948): Myrvegetation i Bergslagen. - Acta Phytogeogr. Suec. 21.

Skye, E. (1964): Epiphytfloran och luftföroreningarna. - Svensk. Naturvet., S. 327-332.

SKYE, E. (1965): Botanical indicators of air pollution - Acta phytogeogr. Suec. 50, S. 285-287.

SKYE, E. (1968): Lichens and Air Pollution. A Study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stockholm region. - Diss. Uppsala.

SMALL, J. (1954): Modern aspects of pH. - London.

SOCAVA, V. B. (1972): Geographie und Ökologie. - P.M. 2, S. 89-98.

SONNTAG, D. (1952): Neue graphische Aspirations-Psychrometer-Tafeln. Meteorol Rdsch.5. Jg. H. 9/10.

SORAUER, P. (1911): Die mikroskopische Analyse rauchbeschädigter Pflanzen. - Samml. Abhandlg. Abgase und Rauchschäden 7, S. 1-58.

SORAUER, P. & E. RAMANN, (1899): Sogenannte unsichtbare Rauchschädigungen. - Bt. Zbl. 80, S. 50-56.

SORG, W. (1965): Grundlagen einer Klimakunde des Saarlandes nach den Messungen von 1949-1960.- Beitr. z. Landeskunde d. Saarlandes I, S. 7-36.

STATISTISCHES JAHRBUCH 1966 bis 1972 (1973): Hrsg.: Statistisches Amt der Stadt Saarbrücken.

STAXÄNG, B. (1969): Acidification of bark of some deciduous trees. - Oikos 20, S. 224-230.

STEFAN, K. & J. POLANSCHÜTZ (1967): Entstehung und Entwicklung eines Rauchschadengebietes in der Umgebung eines Magnesitwerkes. - All. Forstz. 78, S. 51-54.

STEINER, M. (1952): Zur Expositionsabhängigkeit epixyler Flechtengesellschaften. - Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 65, S. 255-262.

STEINER, M. (1957): Rindenepiphyten als Indikatoren des Stadtklimas. - Medizin und Städtebau 2, S.119-124.

STEINER, M. & D. SCHULZE-HORN (1955): Über die Verbreitung und Expositionsabhängigkeit der Rindenepiphyten im Stadtgebiet von Bonn. Decheniana 108, Heft 1. S. 1-16.

STEINER, M. & G. HAUSCHILD (1970): Die Anthrachinone von Caloplacaceae und Teloschistaceae. - Dtsch. Bot. Ges. N.F. 4, S. 23-34.

STERN, TIGERSTEDT (1974): Ökologische Genetik.

STEUBING, L. (1965): Pflanzenökologisches Praktikum. - Berlin - Hamburg.

STEUBING, L. (1973): Ökologie als wissenschaftliche Grundlage des Umweltschutzes. - Probleme der Umweltforschung. Berlin.

STOCKER, O. (1927): Physiologische und ökologische Untersuchungen an Laub- und Strauchflechten. - Flora 121, S. 334-415.

STOCKER, O. (1956): Die Abhängigkeit der Transpiration von den Umweltfaktoren. - Handb. Pflanzenphysiologie III, S. 436-488. Göttingen.

STRANZ, D. (1949): Auslösung von Schneefall über einer Großstadt. - Z. f. Met. 3, S. 359-360.

STRATMANN, H. (1956): Mikroanalytische Bestimmung verschiedener Schwefelverbindungen in Gasen und in festen Stoffen. - Mikrochemica Acta, H. 1-6; S. 1032-1037.

STRATMANN, H. (1958): Schwefelbilanz-Untersuchungen bei Steinkohlen- und Braunkohlenfeuerungen. - Mitt. Verein. d. Großkesselbesitzer. 52.

STRESEMANN, E. (1969): Die medizinisch-biologische Bedeutung von Kraftfahrzeugabgasen. Staub 29, H. 6.

STUGREN, B. (1974): Grundlagen der allgemeinen Ökologie. - Jena, 2. Auflage.

SUCHODOLLER, A.(1967): Untersuchungen über den Bleigehalt von Pflanzen in der Nähe von Straßen und über die Aufnahme und Translokation von Blei durch Pflanzen. - Ber. Schweiz.Bot.Ges. 77, S. 266-308.

SUKOPP, H. (1972): Wandel von Flora und Vegetation in Mitteleuropa unter dem Einfluß des Menschen. - Ber. Landwirtschaft 50, S. 112-139.

SUKOPP, H., W. KUNICK, M. RUNGE & F. ZACHARIAS (1974): Ökologische Charakteristik von Großstädten, dargestellt am Beispiel Berlins. - Verh. d. Ges. f. Ökologie Saarbrücken 1973, S. 383-403, The Hague.

SUNDBORG, A. (1951): Climatological Studies in Uppsala, with special Regard to the Temperature Conditions in the urban Area. - Geografiska Inst., Geographica 22.

TALLIS, J.H. (1964): Lichens and atmospheric pollution - Recent Studies of Lichens. - Adv. Sci. 31, S. 250-252.

TAYLOR, O.C. (1968): Effects of ocidant air pollutants. Occupational Med. 10: 53-60.

TEMPLIN, E. (1962): Zur Populationsdynamik einiger Kiefernschädinsekten in rauchgeschädigten Beständen. Wiss. Zeitschr. d. TU. Dresden: 631-637.

TERJUNG, W. H. (1970): Urban energy balance climatology. - Geogr. Rev. 60, H. 1, S. 30-53.

THEOBALD, N. (1950): Observations nouvelles sur l'évolution morphologique de la côte de grès vosgien au sud de Sarrebruck. - Bull. Soc. Sciences. Nancy, N.S.T. 9.

THEOBALD, N. (1952): Apercu Géologique du Territoire de la Sarre. - Saarbrücken.

THEOBALD, N. & F. FISCHER (1953): Influence des Phénoménes périglaziaires sur la morphologie des vallées de la Sarre et des affluents. C.R.Ac.Sc. 237.

THIELE, A. (1974): Luftverunreinigung und Stadtklima im Großraum München, insbesondere in ihrer Auswirkung auf epixyle Testflechten. - Bonner Geogr. Abh. 49.

THIENEMANN, A. (1918): Lebensgemeinschaft und Lebensraum. - Naturwiss. Wochenschr. (NF) 17, S. 282-290 und 297-303.

THIENEMANN, A. (1938): Grundzüge einer allgemeinen Ökologie. - Arch. Hydrobiol. 35, S. 267-285.

THIENEMANN, A. (1941): Leben und Umwelt. - Bios 12, Leipzig.

THIENEMANN, A. (1956): Leben und Umwelt. - Hamburg.

THOMAS, M.D. (1961): Effects of air pollution on plants. Air Pollution. World Health Organisation, Geneva, Monograph Ser. 46, S. 233-278.

THOME, M. (1973): Flechten als Bioindikatoren im Stadtgebiet von Saarbrücken. - Saarbrücken, unveröff. Staatsexamensarbeit, S. 1-76.

TÜRK, R. & V. WIRTH (1974): Der Einfluß des Wasserzustandes und des pH-Wertes auf die SO_2-Schädigung von Flechten. - Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Erlangen, S. 167-172.

TÜRK, R. & V. WIRTH (1975): The pH Dependence of SO_2 Damage to Lichens. - Oecologia 19, N.4, S.285-291.

UHLIG, S. (1954): Beispiel einer kleinklimatologischen Geländeuntersuchung. - Z. Meteorol. 8, S.66-75.

UHLMANN, D. (1966): Artendichte. - Limnologica 4, S. 221-233.

UEXKÜLL, J.V. (1909): Umwelt und Innenwelt der Tiere. Berlin.

UEXKÜLL, J.V. (1928): Theoretische Biologie. Berlin.

VAARNA, V.V. (1934): Helsingin kaupungin puiden ja pensaiden jäkäläkasvisto. - Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fennicae, Vanamo, Tom 5, Nr. 6, S. 1-32.

VANEK, J. (1967): Industrieexhalate und Moosmilbengemeinschaften in Nordböhmen. In: Progress in Soil Biology. Braunschweig, S. 331-339.

VARESCHI, V. (1936): Die Epiphytenvegetation von Zürich. - Ber. d. Schweizer. Bot. Ges. 46, S. 445-488.

VARESCHI, V. (1953): La influencia de los bosques y parques sobre el aire de la ciudad de Caracas. - Acta Cientifica Venezolana 4, S. 89-95.

VDI-Richtlinie 2031 (1962): Feinheitsbestimmung an technischen Stäuben. - VDI-Richtlinie, 10.

VDI-Richtlinie 2119 (1962): Staubniederschlagsmessungen, Gerätebeschreibung und Gebrauchsanweisungen. VDI-Verlag.

VDI-Richtlinie 2305 (1965): Maximale Immissions-Konzentrationen (MIK) Organische Verbindungen (Entwurf). - VDI-Verlag.

VILLWOCK, I. (1959): Ökologisch-physiologische Untersuchungen zur Frage von Großstadteinflüssen auf die Verbreitung epiphytischer Flechten. - Diss. Hamburg.

VILLWOCK, I. (1962): Der Stadteinfluß Hamburgs auf die Verbreitung epiphytischer Flechten. - Abh. u. Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg N.F. 6, S. 147-166.

VOGL, M. (1964): Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadenforschung. 2. Mitt. Vergleichende quantitative Messungen der SO_2- und CO_2-Absorption von Kiefernnadeln bei künstlicher Schwefeldioxidbegasung. Untersuchungen an getopften Kiefern (Pinus silvestris L.) unter Freilandbedingungen. - Biol. Zbl. 83, H. 5, S. 587-594.

VOGT, J. (1953): Erosion des sols et techniques de culture en climat tempére maritime de transition. - Revue de Géomorphologie dynamique 4.

WAGNER, A. (1965): Zur Regionalgliederung im Saarland. Mitt. d. Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 15, S. 3-23.

WALTER, H. (1931): Die Hydratur der Pflanze und ihre physiologisch-ökologische Bedeutung. - Jena.

WAGNER, H. (1938): Influence de la lumière sur la répartition locale des espèces de quelques associations méditerranéennes. - Comm. S.I.G.M.A. 62.

WALTER, H. (1960): Einführung in die Phytologie Bd. III. Grundlagen der Pflanzenverbreitung. I. Teil: Standortslehre. Stuttgart.

WARMING, E. & P. GRAEBNER (1933): Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. - Berlin 4. Aufl.

WEAVER, J. & F. CLEMENTS (1929): Plant ecology. - London.

WEBER, E. (1948): Grundriß der biologischen Statistik. Jena.

WEISCHET, W. (1974): Notwendigkeit und Möglichkeit einer raum- und klimagerechteren Fassung der "Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft" (TA-Luft). - Verh. d. Ges. f. Ökologie, Saarbrücken 1973. The Hague.

WEIZSÄCKER, C.F. von (1973): Grenzen des Wachstums. - Naturwiss. 60, S. 267-273.

WERKMEISTER, H.-F. & W. WESTPHAL (1969): Landschaftsplan "Mittleres Saartal". Erläuterungsbericht Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung. 77 S.

WERWEKE, L. van (1906): Erläuterungen zu Blatt Saarbrücken der Geologischen Übersichtskarte von Elsaß-Lothringen 1 : 200 000 und zu demselben Blatt der tektonischen Karte von Elsaß-Lothringen 1 : 200 000. - Straßburg.

WIELER, A. (1932): Ein Beitrag zum Verständnis des Wesens der aktuellen Bodenazidität und ihres Einflusses auf das Wurzelwachstum. - Jb. wiss. Bot. 76, S. 333-406.

WILMANNS, O. (1962): Rindenbewohnende Epiphytengemeinschaften in Südwestdeutschland. - Beitr. naturk. Forsch. 21, S. 87 - 164.

WILMANNS, O. & H. BIBINGER (1966): Methoden der Kartierung kleinflächiger Kryptogamengemeinschaften. - Bot. Jb. 85, S. 509-521.

WILMERS, F. (1968): Wettertypen für mikroklimatische Untersuchungen. - Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. B, 16, S. 144-150.

WIRTH, V. (1972): Die Silicatflechten-Gemeinschaften im außeralpinen Zentraleuropa. - Dissertationes Botanicae Bd. XVII.

WOLTZ, S.S. (1964): Translocation and Metabolic Effects of Fluorides in Gladiolus Leaves. - Florida Stat. Horticult. Soc. 77, S. 511-515.

ZANDSTRA, K.J. (1954b): Die jungquartäre morphologische Entwicklung des Saartales. Erdkunde 8.

ZINKERNAGEL, H. (1938): Über den Nachweis von Säureschädigung grüner Pflanzenzellen. - Kl. Mitt. Ver. Wasser-, Boden- und Lufthygiene 14, 1/3, S. 29-33.

ZINKERNAGEL, H. (1958): Über den Wert der chemischen Bestimmung des Schwefelgehaltes in Blättern bei Rauchschadendiagnosen. - Schriftenreihe Ver. Wasser-, Boden- und Lufthygiene 13, S. 21-36.

ZISLAVSKY, W. (1958): Kann Erdöl von der Pflanze aufgenommen werden? In: Pflanzenarzt Nr. 11, S. 31-33.

ZOPF, W. (1900): Zur Kenntnis der Flechtenstoffe. - 7. Mitt. Ann. Chem. 313, 317-344.

ZOPF, W. (1901): Zur Kenntnis der Flechtenstoffe. - 8. Mitt. Ann. Chem. 317, S. 110-145.

ZOPF, W. (1902): Zur Kenntnis der Flechtenstoffe. - 9. Mitt. Ann. Chem. 321, S. 37-61.

ZOPF, W. (1907): Die Flechtenstoffe in chemischer, botanischer, pharmakologischer und technischer Beziehung. - Jena.

Verzeichnis der Tabellen

		Seite
1:	Ackerschätzungsrahmen	23
2:	Grünlandschätzungsrahmen	24
3:	Jahresmittel der Windverteilung der Station St.Arnual	47
4:	Besondere Tage der Station St.Arnual im Vergleich mit der Station Berus	51
5:	Bewölkungsverhältnisse der Stationen Saarbrücken und Berus	52
6:	Jahreszeitenmittelwerte von Inversionswetterlagen 1970-1975	54
7:	Wohngebäude, Wohnungen und Wohndichte 1965-1972	68
8:	Nichtlandwirtschaftliche Arbeitsstätten und Beschäftigte vom 27.5.1970	71
9:	Anzahl der gewerbesteuerpflichtigen Betriebe 1967-1973	72
10:	Aufstellung der genehmigten Anlagen	74/75
11:	Stehende Gewässer im Stadtgebiet	79
12:	Landschaftsschutzgebiete	80
13:	Nutzung der Bodenfläche des Stadtgebietes	81
14:	Name und Fläche (ha) der Stadtteile und Stadtbezirke	81
15:	Verteilung der Lepidiumexponate	82
16:	Biometrische Ergebnisse	83
17:	Frischgewichte der Lepidiumexponate	85
18:	Trockengewichte der Lepidiumexponate	86
19:	Nekrosen bei Lepidiumexponaten	88
20:	Flechtenzonen	96
21:	Toxitoleranz der Flechtenarten in Saarbrücken	113
22:	I.A.P.-Wert der Station 655 (Winterberg-Osthang G/8)	115

	Seite
23: H_s-, n- und J_s-Werte im Stadtgebiet von Saarbrücken	125-127
24: Ergebnisse der Bodenuntersuchungen	128-129
25: pH-Werte von Fagus und Quercus	131
26: Rinden-pH-Werte von Acer,Aesculus, Betula, Malus, Platanus u. Robinia	132
27: Staubmessungen (Haftfolien)	137-139
28: Temperaturmeßpunkte	145
29: Durchschnittswerte der Minimum- und Maximumtemperaturen	146
30: Meßfahrt vom 14.7.1975	149
31: Meßfahrt vom 15.7.1975	149-150
32: Chemische Blattanalysen	151
33-40: Flechtentabellen	252-259

Verzeichnis der Abbildungen

		Seite
1:	Geologische Karte der Stadt Saarbrücken	34
2:	Morphologie des Saarbrücker Talraumes	37
3:	Blockdiagramm des Saarbrücker Talraumes	41
4:	Jahresniederschlag 1960-1974	45
5:	Monatsniederschlag	45
6:	Jahresniederschlag 1891-1930, 1950-1959	46
7:	Windverteilung Saarbrücken-St.Arnual	48
8:	Jahres-Temperatur und -Luftfeuchte	50
9:	Heitere und trübe Tage und Nebeltage	50
10:	Bevölkerung der Stadt Saarbrücken 1910-1972 (Volkszählungsergebnisse)	67
11:	Einwohner pro ha	69
12:	Verkehrsmengenkarte	78
13:	Lepidiumexponate: pH, BFI, BL/StL, WL/StL	84
14:	Stoffproduktion bei Lepidiumexponaten	87
15:	Lepidiumexponate: Nekrosen in cm^2 und % der Gesamtfläche	89
	Verbreitung der in Saarbrücken festgestellten Flechtenarten:	
16:	Buellia punctata und Caloplaca pyracea	97
17:	Candelariella vitellina	98
18:	Candelariella xanthostigma	99
19:	Evernia prunastri, Hypogymnia physodes	100
20:	Lecanora carpinea, Lecanora chlarona	101
21:	Lecanora chlarotera, Lecanora hageni	102
22:	Lecanora varia, Lecidea scalaris	103
23:	Lepraria aeruginosa, Lepraria candelaris	104
24:	Parmelia acetabulum	105
25:	Parmelia exasperatula, Parmelia fuliginosa	106
26:	Parmelia saxatilis, Parmelia subrudecta	107
27:	Parmelia sulcata, Pertusaria albescens	108
28:	Physcia ascendens	109

		Seite
29:	Physcia dubia, Physcia orbicularis	110
30:	Physcia tenella, Physconia grisea	111
31:	Xanthoria candelaria, Xanthoria parietina	112
	f-Werte einiger Flechtenarten:	
32:	Lecanora varia	116
33:	Candelariella xanthostigma	117
34:	Physcia ascendens	118
35:	Physcia tenella	119
36:	Parmelia sulcata	120
37:	Parmelia acetabulum	121
38:	Hypogymnia physodes	122
39:	Xanthoria parietina	123
40:	Bodenuntersuchungen	130
41:	Rinden-pH Nord-Süd-Zone: Acer, Aesculus, Betula	133
42:	Rinden-pH Nord-Süd-Zone: Malus, Platanus, Robinia	134
43:	Rinden-pH West-Ost-Zone: Acer, Aesculus, Betula	135
44:	Rinden-pH West-Ost-Zone: Malus, Platanus, Robinia	136
45:	Schwefeldioxidmessung Elisabethenstraße	140
46:	Schwefeldioxidmessung Neugrabenweg	141
47:	Schwefeldioxidmessung Am Kieselhumes	142
48:	Schwefeldioxidmessung Universität	143
49:	Schwefeldioxidmessung Koblenzer Straße	144
50:	Temepratur morgens	147
51:	Temperatur abends	148
52:	Blattanalysen	152

		Seite
53:	Lepidium-Exponate	238
54:	Lepidium-Exponate	239
55:	Lepidium-Exponate	240
56:	Flechten-Zählrahmen	241
57:	Rindenstück aus der Flechtenwüste	242
58:	Blattnekrosen bei Aesculus	243
59:	Meßpunkt: Pfaffenkopf-Lindenhofstr.	244
60:	Meßpunkt: Burbacher Markt	245
61:	Meßpunkt: Bahnhof-Burbach	246
62:	Meßpunkt: Metzer Str.-Zeppelinstr.	247
63:	Meßpunkt: Stengelstraße	248
64:	Meßpunkt: Cafe Menn	249
65:	Meßpunkt: Großherzog-Friedrich Str.	250
66:	Meßpunkt: Mainzer Str.	251

Verzeichnis der Karten

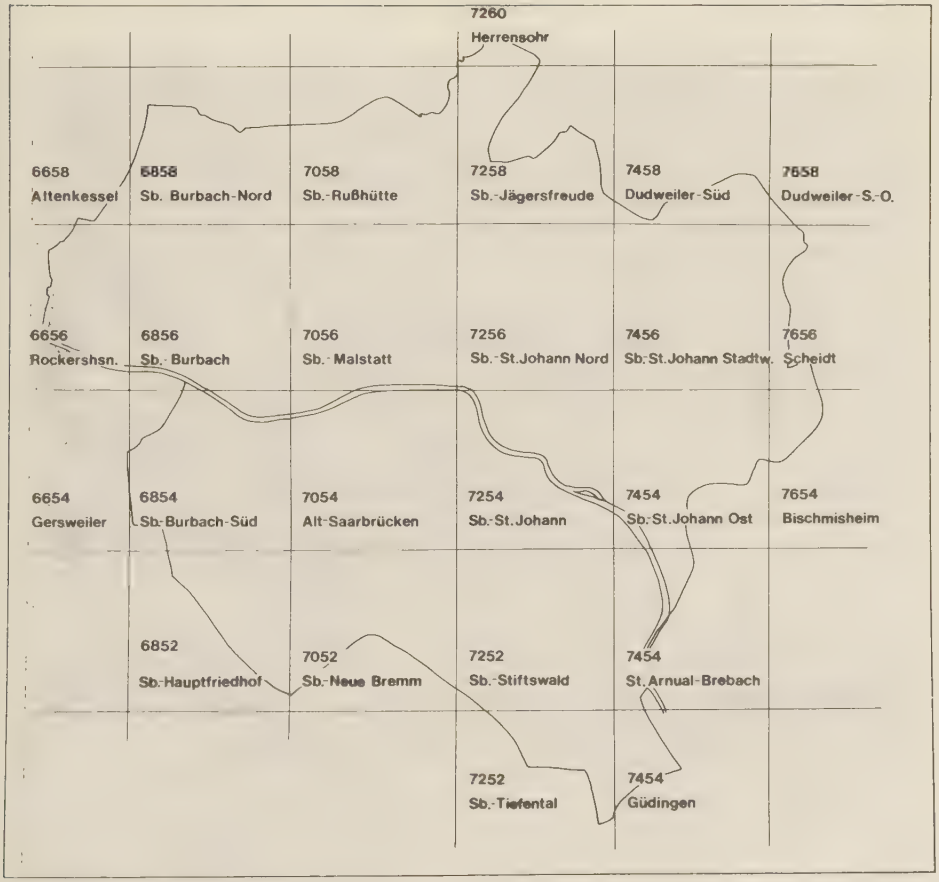
		Seite
1:	SO_2-Messungen, Wald- und Grünflächen, Lepidiumexponate, Blattanalysen	228
2:	Übersicht über die Stadt nach Stadtteilen (Deckung durch Kartenblätter 1:5000)	229
3:	Genehmigte Anlagen nach § 4 BImSchG, Meßpunkte des Amtes für Umweltschutz	230
4:	Flechtenuntersuchungsstationen	231
5:	I.A.P.-Werte-Verteilung	232
6:	Flechtenzonierung	233
7:	Verteilung der Diversitätswerte	234
8:	Bodenzustandskarte	235
9:	Staubbelastungskarte	236
10:	Feuchte- und Frostzonen	237

Anhang

Karte 1:

SAARBRÜCKEN
① SO_2-MESZUNGEN
WALD- u. GRÜNFL.
LEPIDIUM-EXPONATE
BLATTANALYSEN

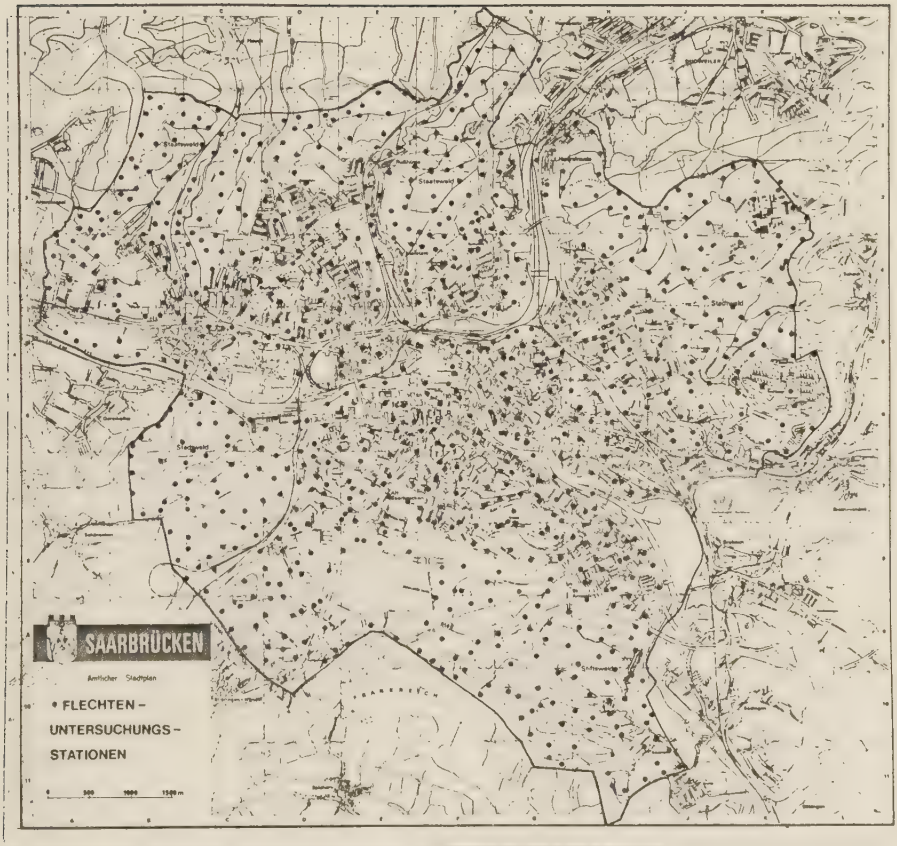
Karte 2:


7260
Herrensohr
6658
Altenkessel
6858
Sb. Burbach-Nord
7058
Sb.-Rußhütte
7258
Sb.-Jägersfreude
7458
Dudweiler-Süd
7658
Dudweiler-S.-O.
6656
Rockershsn.
6856
Sb.-Burbach
7056
Sb.-Malstatt
7256
Sb.-St.Johann Nord
7456
Sb.St.Johann Stadtw.
7656
Scheidt
6654
Gersweiler
6854
Sb.-Burbach-Süd
7054
Alt-Saarbrücken
7254
Sb.-St.Johann
7454
Sb.St.Johann Ost
7654
Bischmisheim
6852
Sb.-Hauptfriedhof
7052
Sb.-Neue Bremm
7252
Sb.-Stiftswald
7454
St.Arnual-Brebach
7252
Sb.-Tiefental
7454
Güdingen

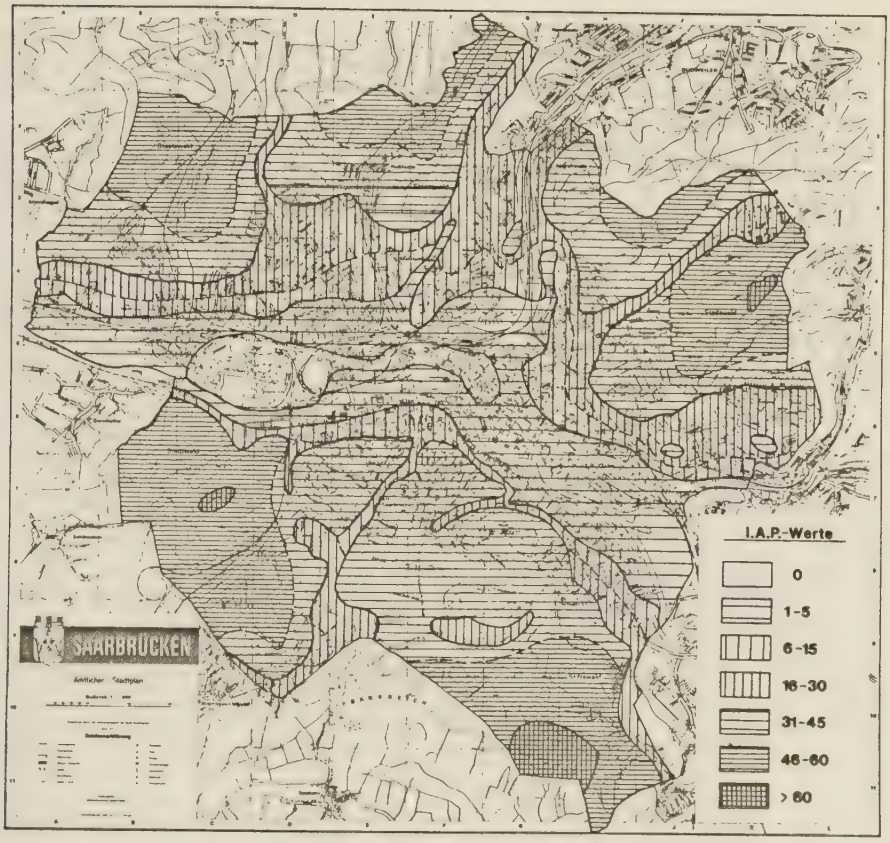
Karte 3:

SAARBRÜCKEN
GENEHMIGTE ANLAGEN
BImSchG §4
MESZPUNKTE d. AMTES
f. UMWELTSCHUTZ

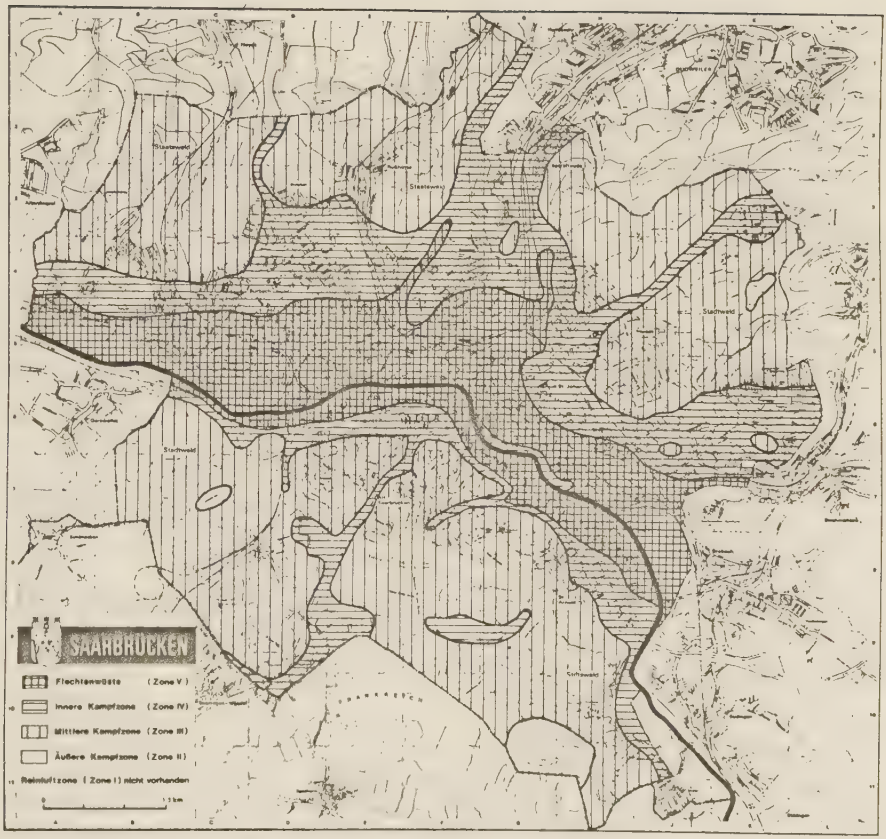
Karte 4:


SAARBRÜCKEN
Amtlicher Stadtplan
• FLECHTEN-
UNTERSUCHUNGS-
STATIONEN

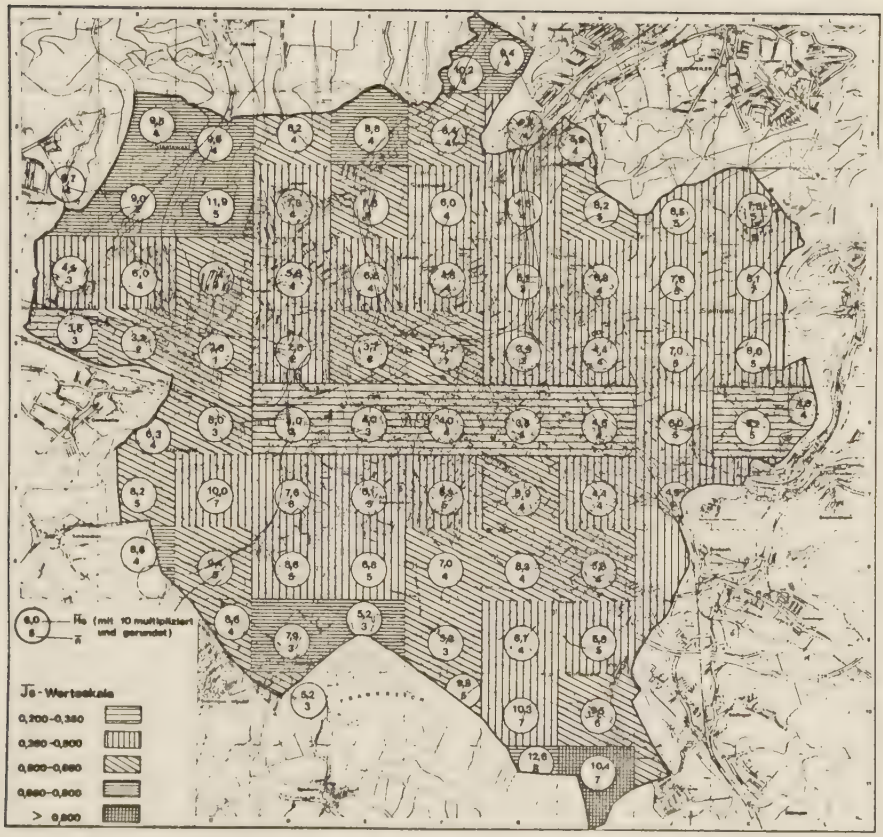
Karte 5:



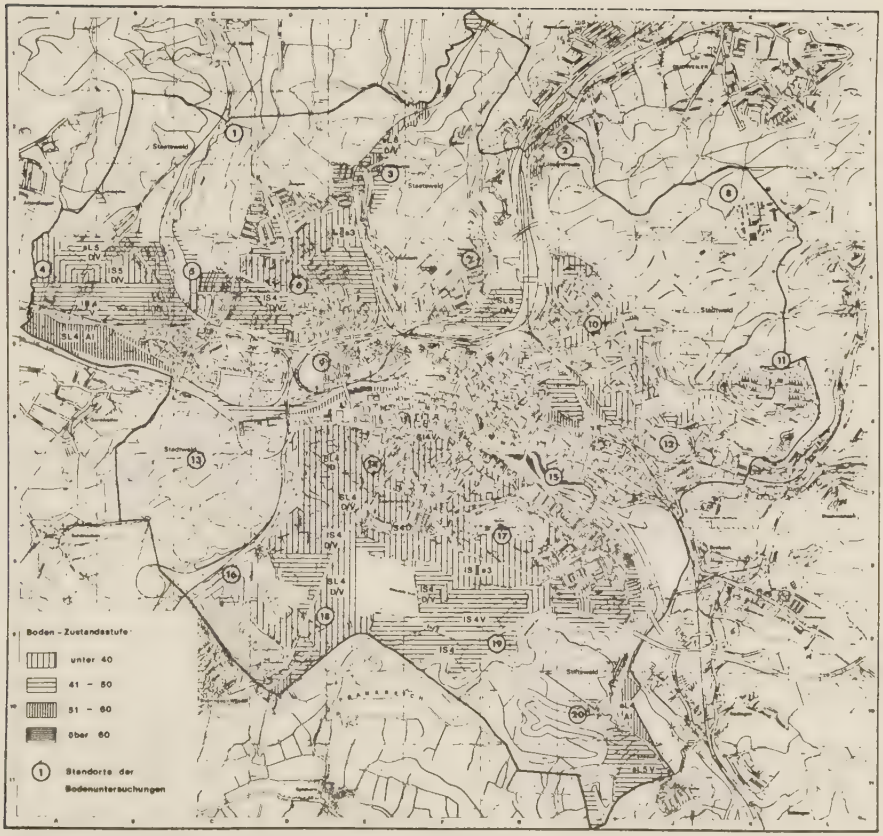
Karte 6:


SAARBRÜCKEN
Flechtenwüste (Zone V)
Innere Kampfzone (Zone IV)
Mittlere Kampfzone (Zone III)
Äußere Kampfzone (Zone II)
Reinluftzone (Zone I) nicht vorhanden
0
1 km

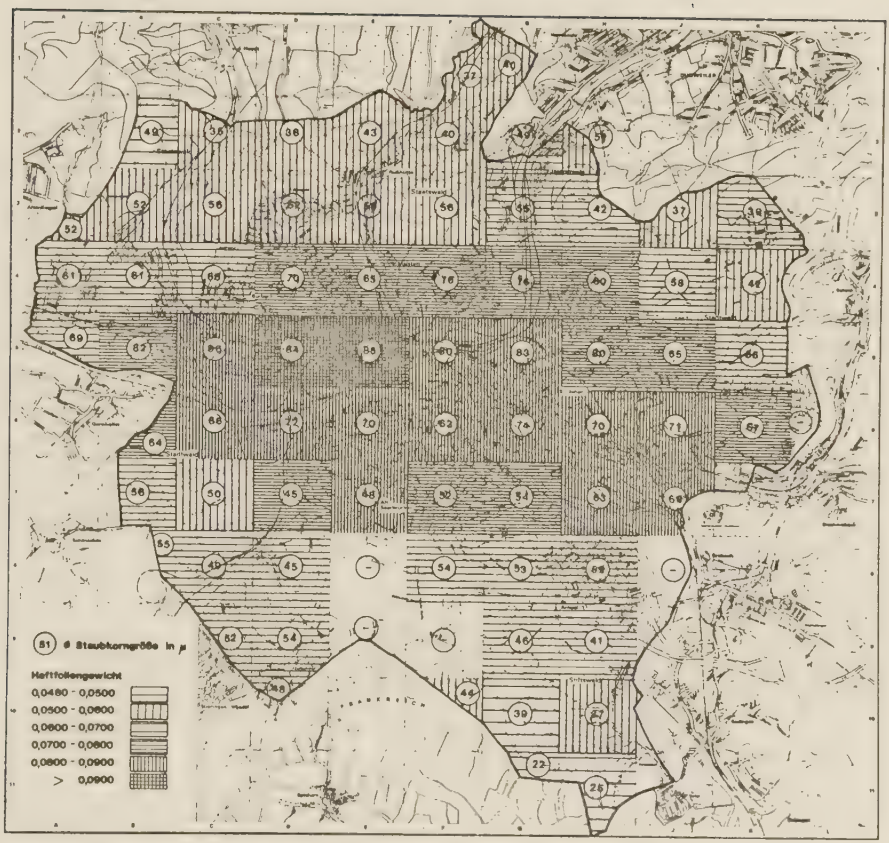
Karte 7:



Karte 8:


Boden - Zustandsstufe
unter 40
41 - 50
51 - 60
über 60
Standorte der Bodenuntersuchungen

Karte 9:


Staatswald
Staatswald
Staatswald
Staatswald
(81) ø Staubkorngröße in µ
Haftfollengewicht
0,0480 - 0,0500
0,0500 - 0,0600
0,0600 - 0,0700
0,0700 - 0,0800
0,0800 - 0,0900
> 0,0900

Karte 10:

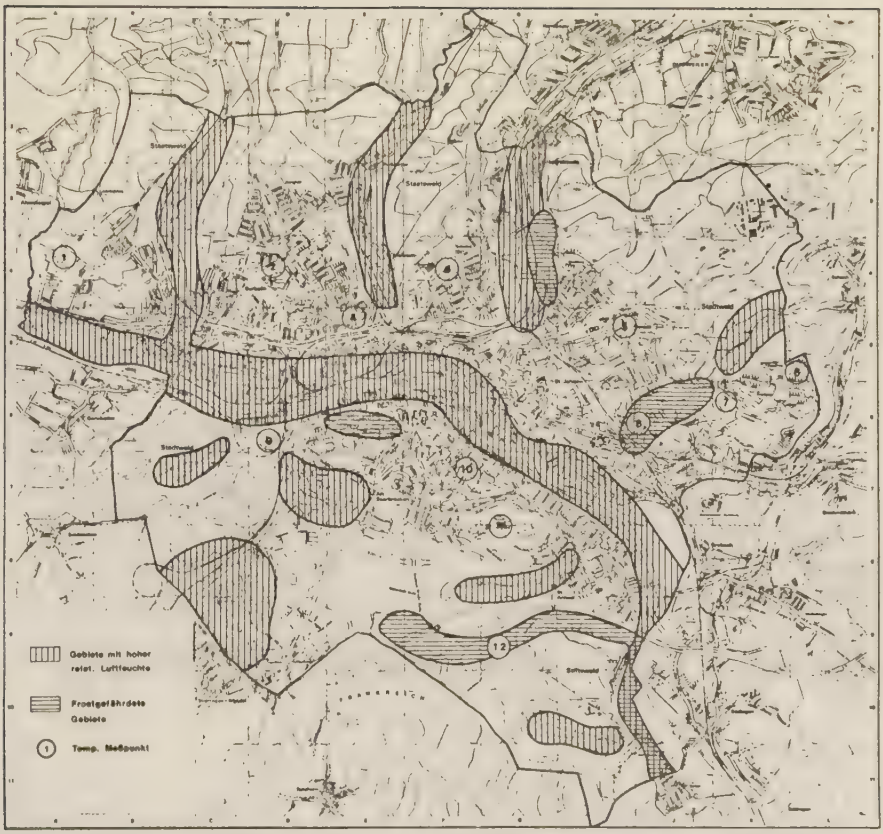

Gebiete mit hoher
relat. Luftfeuchte
Frostgefährdete
Gebiete
Temp. Meßpunkt

Abbildung 53: Lepidium-Exponate

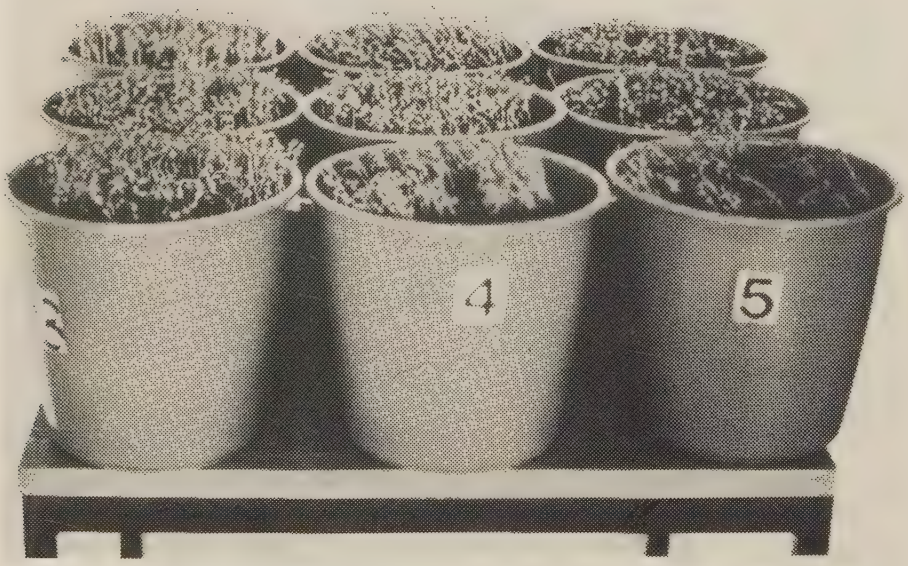


Abbildung 54: Lepidium-Exponate

Abbildung 55: Lepidium-Exponate

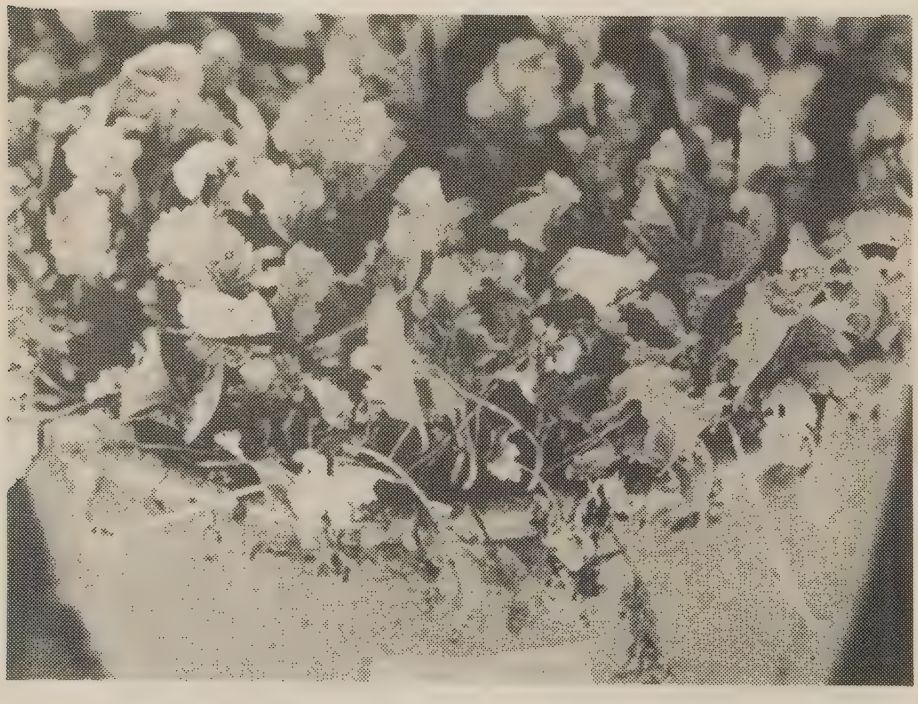
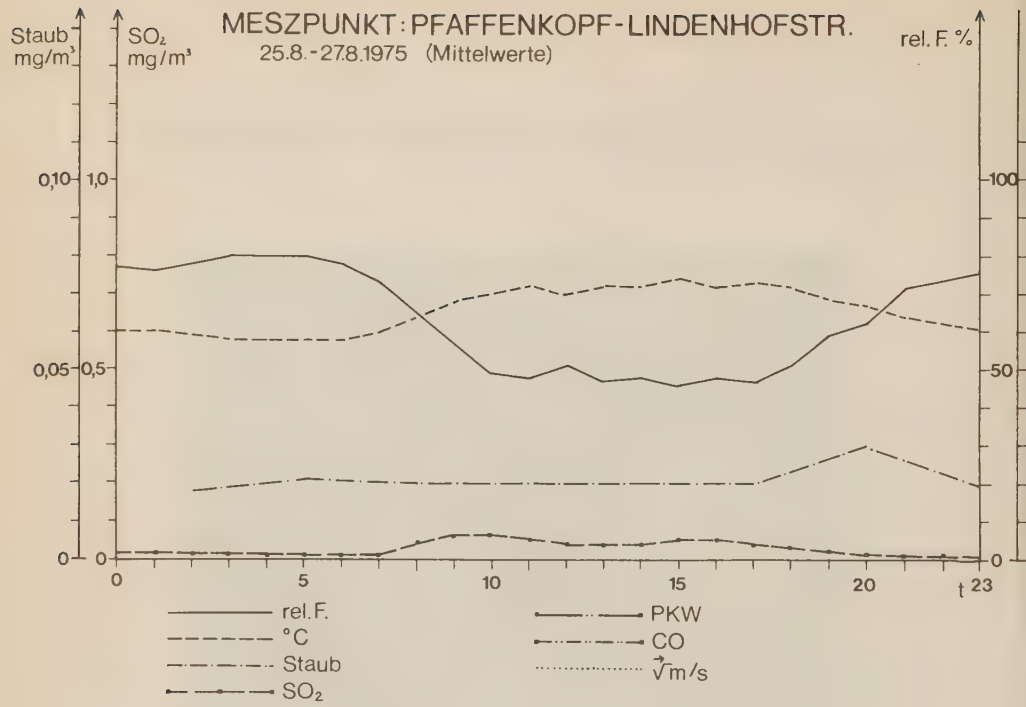


Abbildung 56: Flechten-Zählrahmen

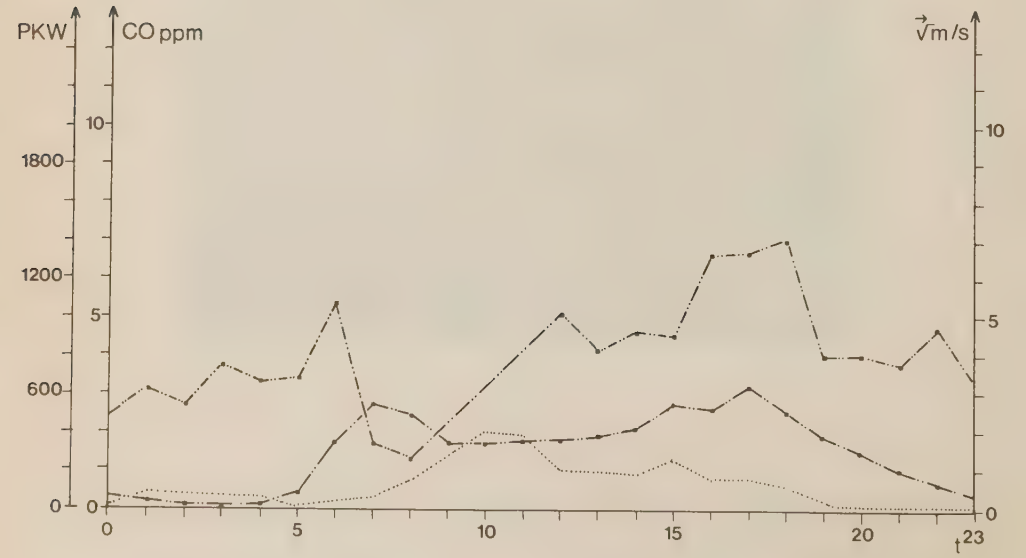
Abbildung 57: Rindenstück aus der Flechtenwüste

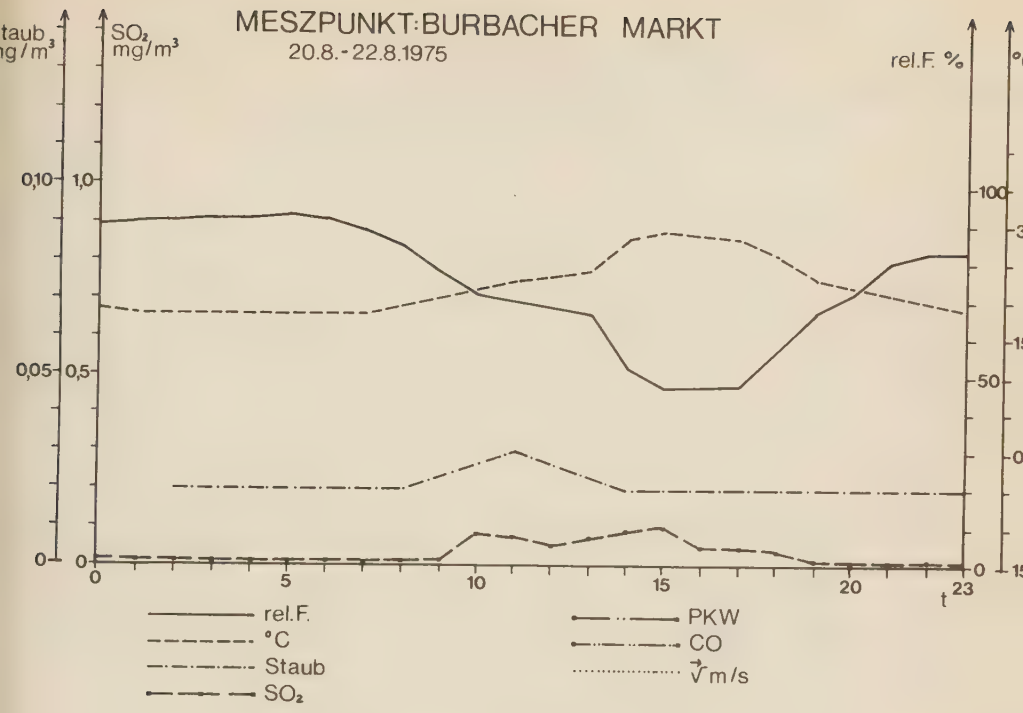
Abbildung 58: Blattnekrosen bei Aesculus

Abb. 59:



(Quelle: Amt für Umweltschutz)





(Quelle: Amt für Umweltschutz)

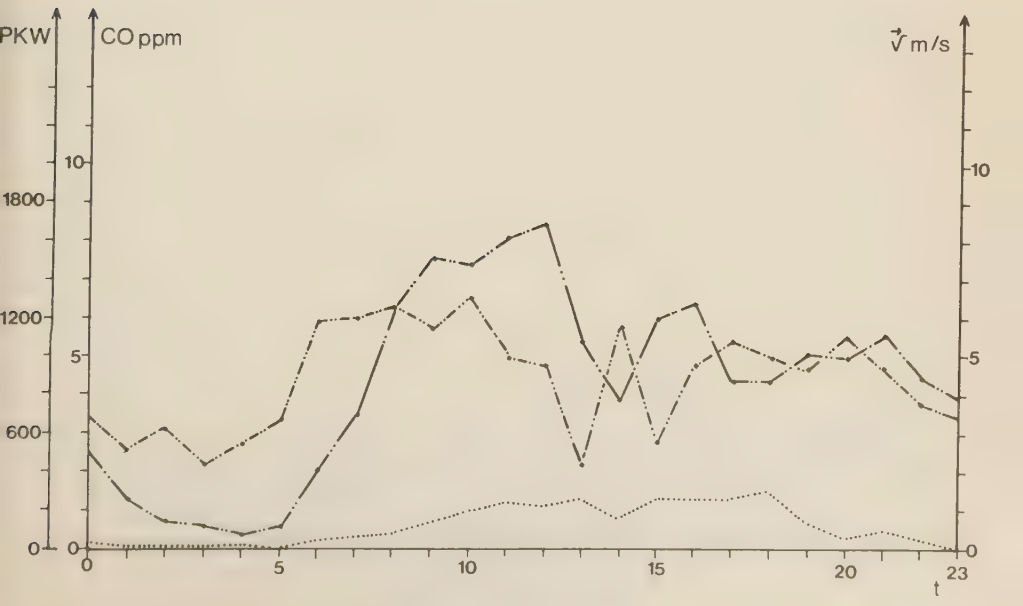
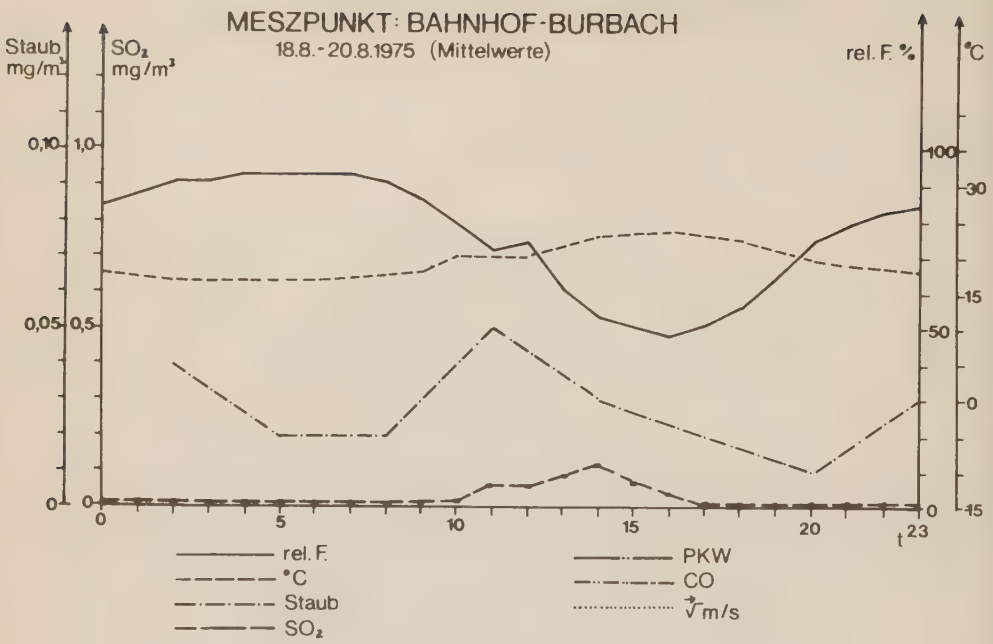


Abb. 61:



(Quelle: Amt für Umweltschutz)

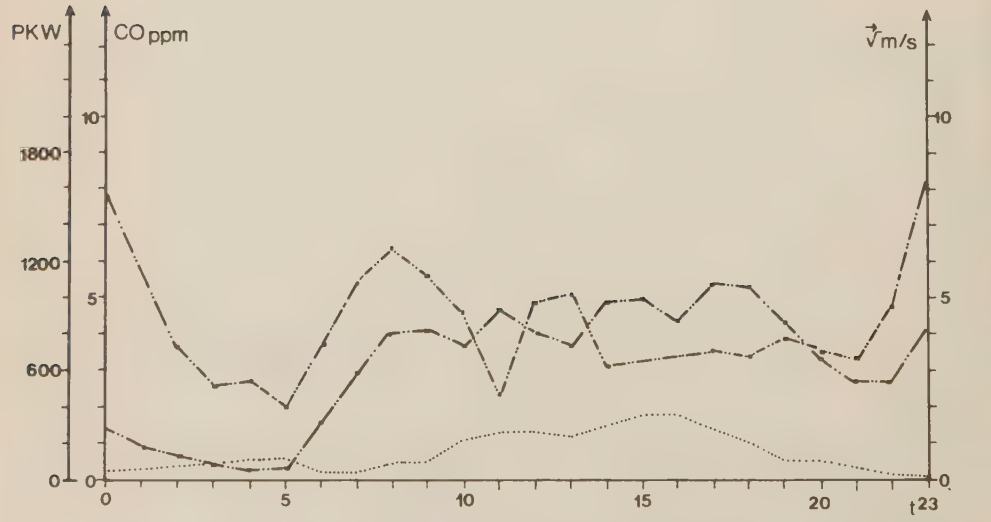
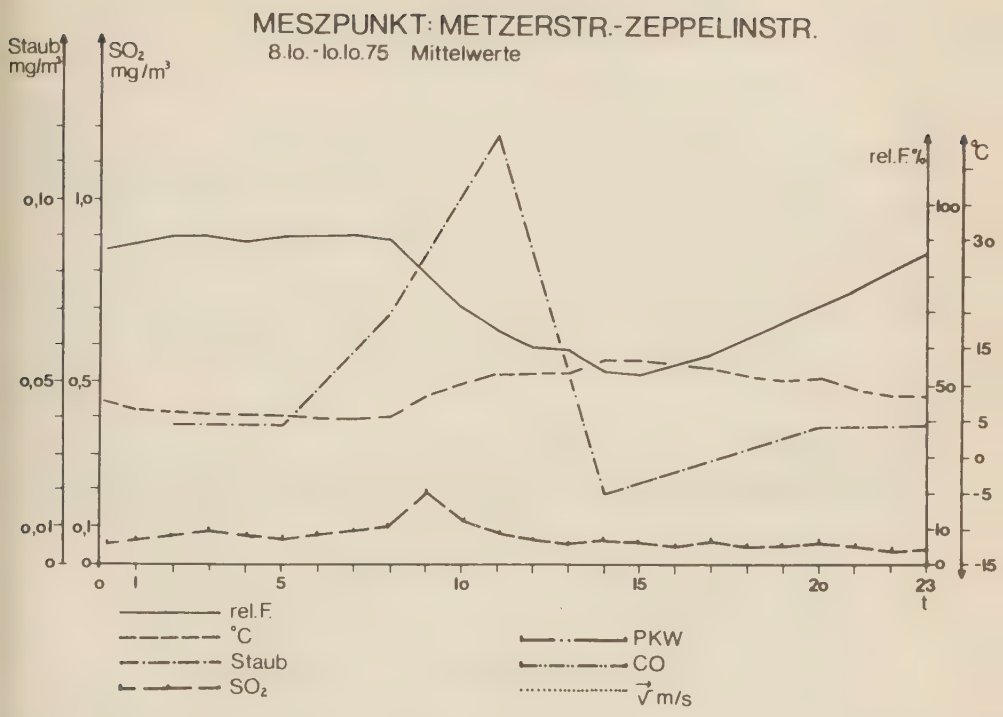


Abb. 62:



(Quelle: Amt für Umweltschutz)

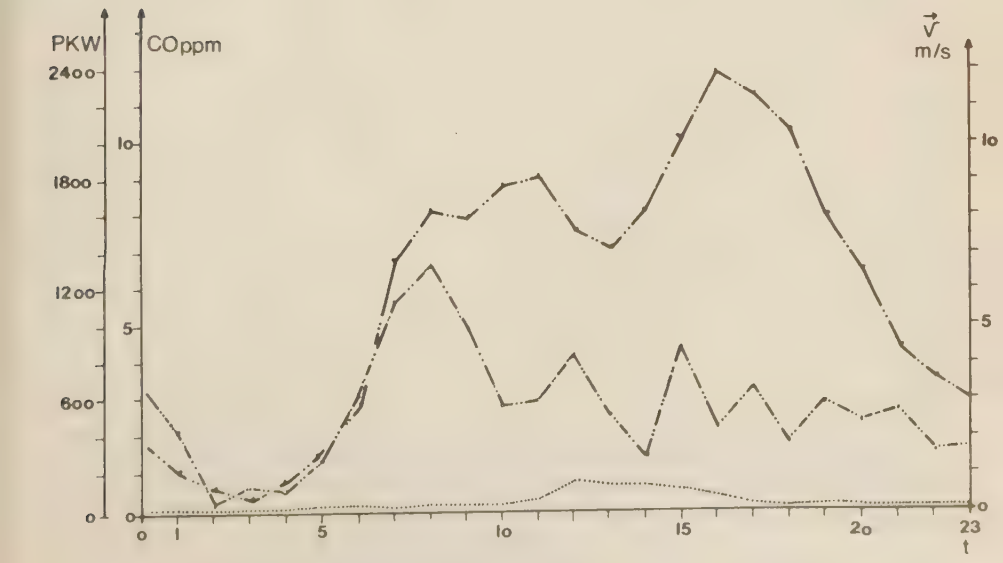
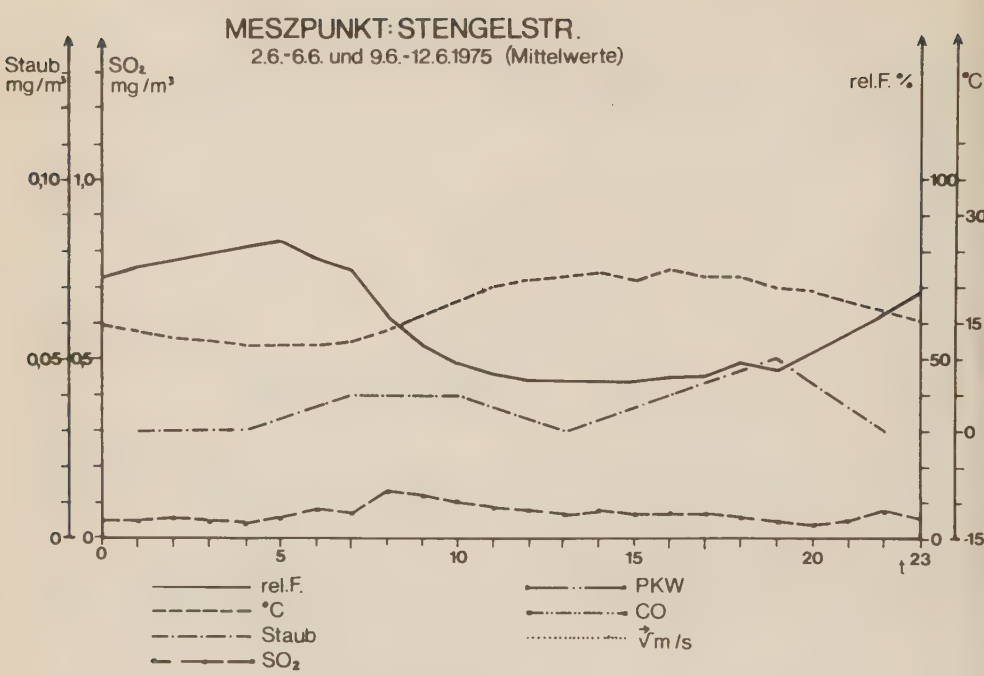


Abb. 63:



(Quelle: Amt für Umweltschutz)

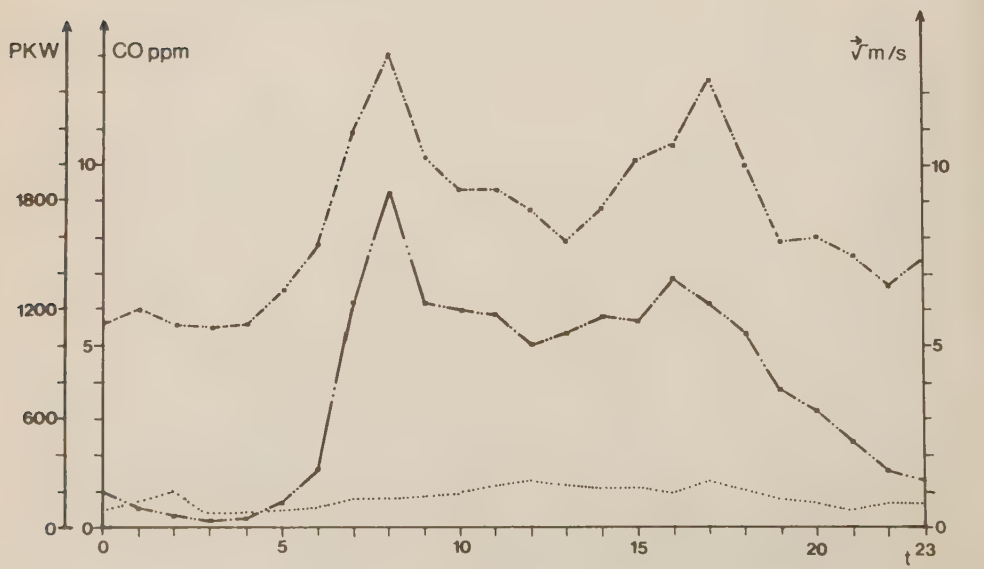
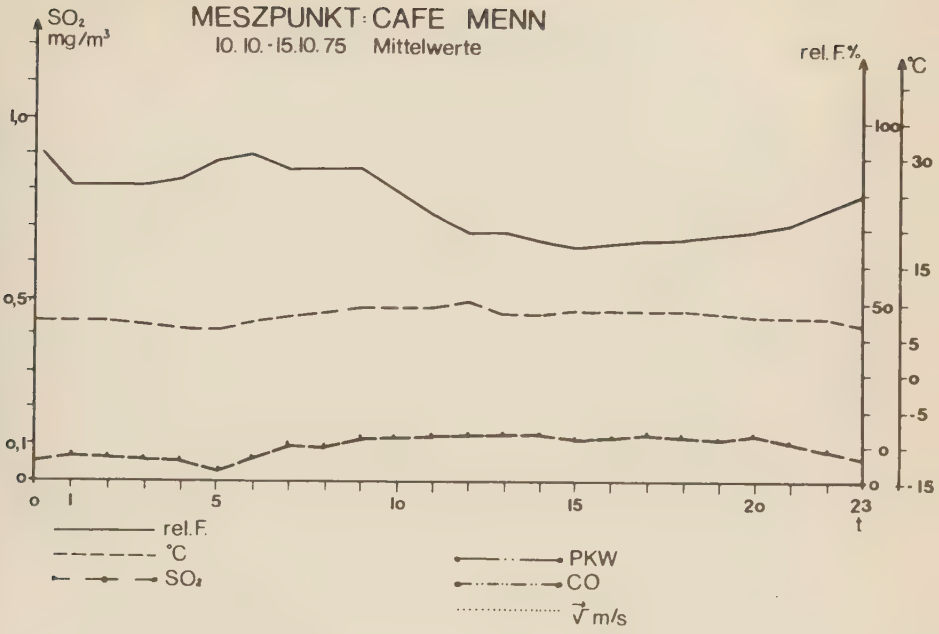


Abb. 64:



(Quelle: Amt für Umweltschutz)

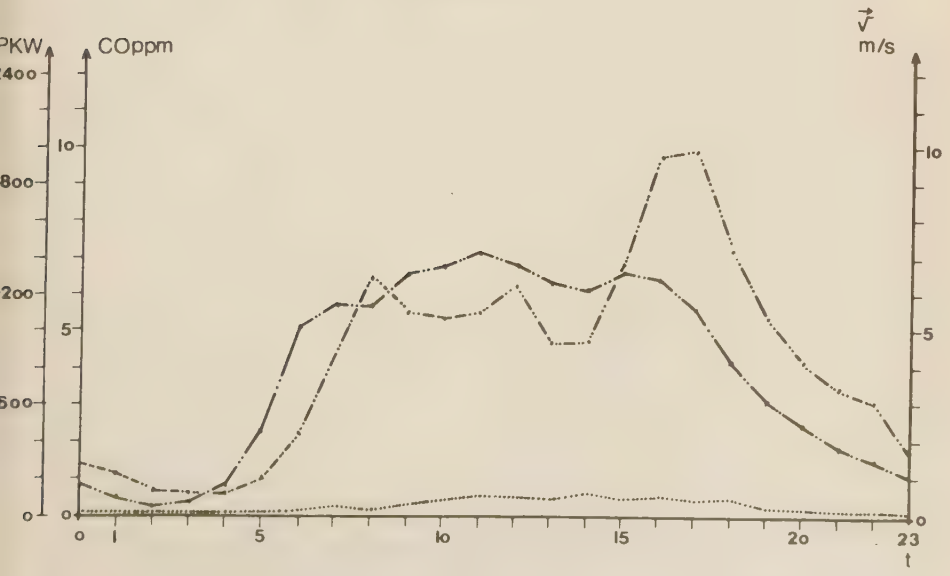
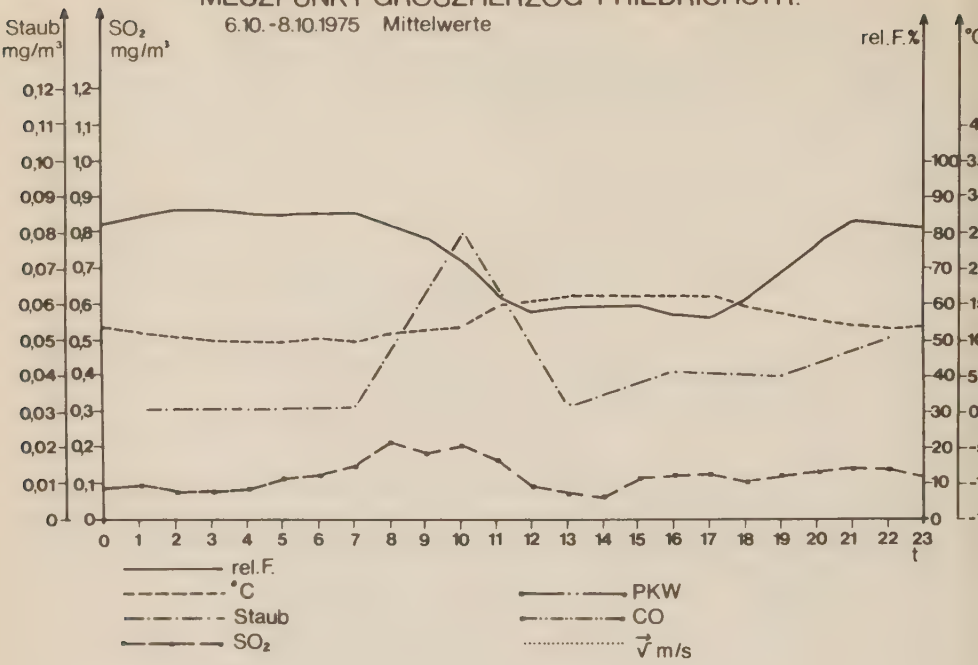


Abb.: 65:

MESZPUNKT: GROSZHERZOG-FRIEDRICHSTR.

6.10.-8.10.1975 Mittelwerte



(Quelle: Amt für Umweltschutz)

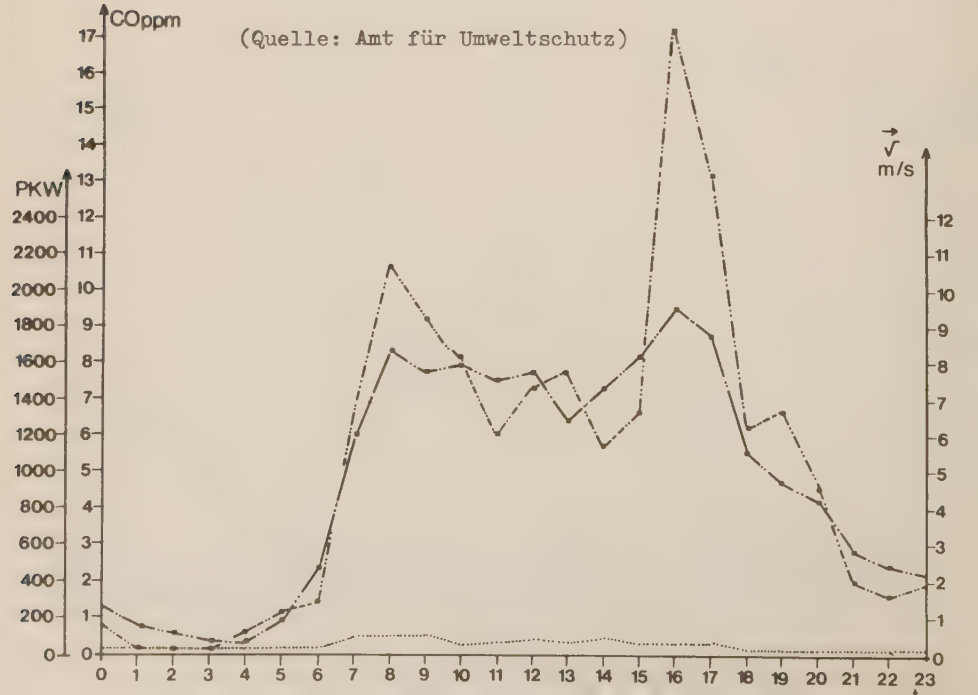


Abb. 66:

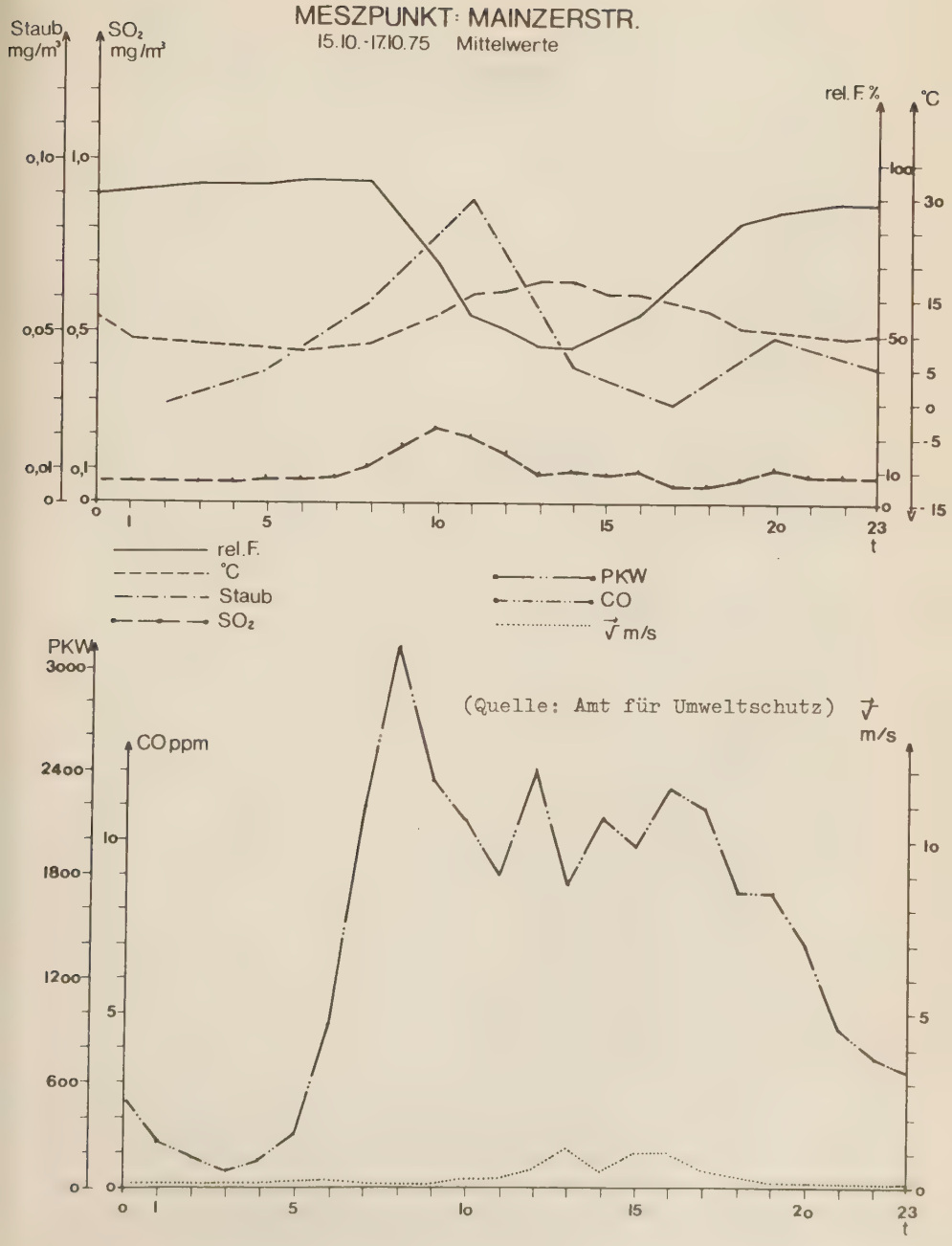

MESZPUNKT: MAINZERSTR.
15.10.-17.10.75 Mittelwerte
Staub mg/m³
SO₂ mg/m³
rel.F.%
°C
0,10
1,0
0,05
0,5
0,01
0,1
0
100
30
15
50
5
0
-5
10
-15
1
5
10
15
20
23
t
rel.F.
°C
Staub
SO₂
PKW
CO
√ m/s
PKW
3000
2400
1800
1200
600
CO ppm
10
5
(Quelle: Amt für Umweltschutz)
√ m/s

Tabelle 33

Ort: 6856[1] Saarbrücken-Burbach, Bahnhof-Burbach (D/5)[2]
Datum: 15.8.73
Standortnr.: 79
Substrat: AE[3]
Höhe NN: 207m
Exposition: -
Neigung: -
Bodenart: lS[4]
Bodenzustand: 7[5]

Art	6	7	8	9	10	11
Lepraria aerug.	SW-NW/10	+	2	2	1	1
Lecanora varia	S/8	r	0	2	1	1

[1] Blatt 1:5000, vgl. Karte 2, S. 229
[2] Planquadrat, vgl. Karte 4, S. 231
[3] Baumart, s.S. 96
[4] Bodenart, s.S. 23
[5] Bodenzustand, s.S. 23
[6] Exposition u. Zählrahmenquadrat, vgl. Kap. 2.2.2.
[7] Dominanz, vgl. Kap. 2.2.2.
[8] Vitalität, vgl. Kap. 2.2.2.
[9] Lichtverhältnis, vgl. Kap. 2.2.2.
[10] Windverhältnis, vgl. Kap. 2.2.2.
[11] Feuchte, vgl. Kap. 2.2.2.

Tabelle 34

Ort: 7254 Saarbrücken-St.Johann, Uhland-Straße (G/6)
Datum: 22.5.74
Standortnr.: 18
Substrat: AE
Höhe NN: 192m
Exposition: -
Neigung: -
Bodenart: LS
Bodenzustand: 3

Art	6	7	8	9	10	11
Lecanora hageni	NO/5	+	1	1	1	2
Lecanora varia	S/7	1	1	1	1	2
Lepraria aerug.	N-N/7-10	1	2	1	1	2

Tabelle 35

Ort: 7454 Saarbrücken-St.Johann-Ost, Eschberg (K/6)
Datum: 6.7.73
Standortnr.: 183
Substrat: PP
Höhe NN: 312m
Exposition: SW
Neigung: 1°
Bodenart: S
Bodenzustand: 4

Art	6	7	8	9	10	11
Buellia punct.	N-O/6	15	2	2	2	1
Lecanora hageni	N-O/7	20	2	2	2	1
Lecanora varia	N-N/3-6	15	2	2	2	1
Lepraria aerug.	W/10	20	2	2	2	1
Parmelia sulc.	O/5	r	1	2	2	1
Physcia ascen.	SW/2	1	2	2	2	1
Physcia tenella	S/4	1	1	2	2	1

Tabelle 36

Ort: 7258 Saarbrücken-Jägersfreude, Sellostraße (H/2)
Datum: 2.10.74
Standortnr.: 374
Substrat: Q
Höhe NN: 235m
Exposition: N
Neigung: 1°
Bodenart: SL
Bodenzustand: 4

Art	6	7	8	9	10	11
Buellia punct.	SO/4	15	2	1	1	2
Caloplaca pyra.	SO/5	10	2	1	1	2
Lecanora chlarona	O/7	r	0	1	1	2
Lecanora varia	N-N/4-6	10	2	1	1	2
Lepraria aerug.	SW/8-10	25	2	1	1	2
Parmelia sulcata	O/3	1	1	1	1	2
Pertusaria alb.	NO/1	+	2	1	1	2
Physcia ascen.	SO/5	5	2	1	1	2
Physcia tenella	SW/7	1	1	1	1	2

Tabelle 37

Ort: 6858 Saarbrücken-Burbach-Nord, Staatswald (C/3)
Datum: 17.4.75
Standortnr.: 427
Substrat: Q
Höhe NN: 277m
Exposition: W
Neigung: 2°
Bodenart: lS
Bodenzustand: 3

Art	6	7	8	9	10	11
Buellia punct.	NW/4	5	4	2	1	2
Caloplaca pyr.	NW/4	5	3	2	1	2
Candelariella vit.	SO/6	1	3	2	1	2
Candelariella xant.	W/9	5	2	2	1	2
Evernia prun.	W/5	+	0-1	2	1	2
Hypogymnia phys.	SW/5	5	2	2	1	2
Lecanora carpinea	S/7	1	4	2	1	2
Lepraria cand.	W/10	5	4	2	1	2
Parmelia acet.	O/3	15	1	2	1	2
Parmelia subr.	O/5	1	2	2	1	2
Parmelia saxat.	NW/4	5	1	2	1	2
Physcia ascend.	W/5	15	3	2	1	2
Physcia orbic.	W-N/3	10	3	2	1	2
Xanthoria par.	S/10	15	3	2	1	2

Tabelle 38

Ort: 6854 Saarbrücken-Burbach-Süd, Stadtwald (C/7)
Datum: 21.4.75
Standortnr.: 366
Substrat: Q
Höhe NN: 246m
Exposition: N
Neigung: 1°
Bodenart: lS
Bodenzustand: 4

Art	6	7	8	9	10	11
Buellia punct.	S/4	5	4	1	1	2
Caloplaca pyr.	SW/3	r	3	1	1	2
Candelariella vit.	W/5	5	3	1	1	2
Candelariella xant.	SW/9	5	3	1	1	2
Hypogymnia phys.	O/3	10	3	1	1	2
Lecanora chlar.	S-W/5	1	4	1	1	2
Lecanora varia	N-N/3-6	5	4	1	1	2
Lecidea scalaris	S/7	5	3	1	1	2
Lepraria aerug.	N-N/9-10	20	4	1	1	2
Parmelia acet.	W/2	r	3	1	1	2
Parmelia subr.	W/5	1	2	1	1	2
Parmelia exasp.	SO/5	+	1	1	1	2
Physcia orbic.	NW/8	10	3	1	1	2
Physcia tenella	NW/7	5	2	1	1	2
Xanthoria cand.	W-O/9	10	3	1	1	2

Tabelle 39

Ort: 7456 Saarbrücken-St.Johann-Stadtwald, Schwarzenberg (K/4)
Datum: 2.7.74
Standortnr.: 57
Substrat: Q
Höhe NN: 375m
Exposition: NW
Neigung: 1°
Bodenart: S
Bodenzustand: 4

Art	6	7	8	9	10	11
Candelariella vit.	SW/4	r	4	2	2	1
Candelariella xant.	W/10	5	4	2	2	1
Evernia prun.	O/5	10	3	2	2	1
Hypogymnia phys.	SO/6	20	4	2	2	1
Lecanora chlarona	W/7	r	3	2	2	1
Lecanora varia	W-N/8	5	3	2	2	1
Parmelia acet.	W/1	5	4	2	2	1
Parmelia exasp.	NO/3	10	3	2	2	1
Parmelia saxat.	O/5	5	3	2	2	1
Parmelia sulc.	W/4	15	4	2	2	1
Physcia orbic.	S/3	10	5	2	2	1
Physcia tenella	N/4	1	3	2	2	1
Xanthoria cand.	W/9	5	3	2	2	1

Tabelle 40

Ort: 7252 Saarbrücken-Tiefental, Stiftswald (G/11)
Datum: 29.4.75
Standortnr.: 215
Substrat: Q
Höhe NN: 340m
Exposition: -
Neigung: -
Bodenart: sL
Bodenzustand: 5

Art	6	7	8	9	10	11
Candelariella vit.	W/4	r	4	2	1	2
Candelariella xant.	W/5	5	4	2	1	2
Hypogymnia phys.	SW/6-8	25	6	2	1	2
Lecanora carpinea	W-N/2-4	5	5	2	1	2
Lecanora chlarot.	N/3	r	5	2	1	2
Lecidea scalaris	NW/4	5	5	2	1	2
Parmelia acet.	SO/7	15	5	2	1	2
Parmelia fulig.	W/5	10	6	2	1	2
Parmelia subr.	SW/4	5	5	2	1	2
Parmelia sulc.	S/3	20	6	2	1	2
Physcia ascen.	NW/7	15	5	2	1	2
Physcia orbic.	SW/8	15	5	2	1	2
Physcia tenella	NW/5	5	4	2	1	2
Lepraria aerug.	W-O/9-10	20	5	2	1	2

Lebenslauf

Geboren am 22.11.1947 in Wiebelskirchen.

1954-1961 Besuch der ev. Volksschule Seiters Wiebelskirchen

1961-1967 Besuch des Staatlichen Aufbaugymnasiums Ottweiler

7.7.1967 Ablegung der Reifeprüfung am Staatlichen Aufbaugymnasium Ottweiler

1.4.1968 Immatrikulation an der Universität des Saarlandes in den Fächern Geographie, Biologie

18.6.1973 Ablegung des Ersten Staatsexamens in den Fächern Geographie und Biologie

Sommer 1973 Annahme der vorliegenden Arbeit bei Herrn Prof. Dr. Paul Müller, Saarbrücken

1.9.1973 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Geographischen Institut, Abteilung Biogeographie, Saarbrücken

5.1.1976 Antrag auf Zulassung zum Promotionsverfahren an der Philosophischen Fakultät der Universität des Saarlandes